



Online-Messungen in Kleinkläranlagen zur Kontrolle des Schlammspiegels und Ablaufs

MUNLV – IV – 9 – 042 194

Abschlussbericht

Mai 2007

Inhaltsverzeichnis



1	Einleitung	1-4
2	Wartung von Kleinkläranlagen	2-6
3	Schlammspiegelmesssonde	3-10
3.1	Konventionelle Schlammspiegelmessung	3-10
3.2	Entwicklung des Schlammspiegelmesssystems	3-12
3.3	Verstärkermodul	3-14
3.4	Gehäusebau	3-16
3.5	Messungen und Ergebnisse	3-20
4	Ablaufkontrollsonde	4-23
4.1	Konventionelle Bestimmung der Ablaufqualität	4-23
4.2	Prototyp der Ablaufkontrollsonde	4-23
4.3	Gehäusebau	4-25
5	Datenkommunikation	5-29
6	Zusammenfassung und Ausblick	6-36
7	Literaturverzeichnis	7-38

Abbildungsverzeichnis



BILD 1:	MESSUNG DES SCHLAMMSPIEGELS IM RAHMEN EINER KLEINKLÄRANLAGENWARTUNG	3-10
BILD 2:	KOMPLETTES SCHLAMMSPIEGELMESSSYSTEM MIT SCHLAMMSPIEGELSONDE, HÖHENVERSTELLBARER HALTERUNG, NETZTEIL UND MESSVERSTÄRKER	3-13
BILD 3:	STAND-ALONE-VERSTÄRKER DER SCHLAMMSPIEGELSONDE	3-14
BILD 4:	VERSTÄRKERMODUL DER SCHLAMMSPIEGELSONDE (DRAUFSICHT)	3-15
BILD 5:	VERSTÄRKERMODUL DER SCHLAMMSPIEGELSONDE (VORDERANSICHT)	3-16
BILD 6:	PROTOTYP EINER SCHLAMMSPIEGELMESSEINHEIT	3-17
BILD 7:	GEHÄUSE DER SCHLAMMSPIEGELSONDE AUS EDELSTAHL	3-18
BILD 8:	GEHÄUSE AUS UNEMPFINDLICHEM GLASFASERKUNSTSTOFF	3-18
BILD 9:	PROTOTYP EINES SCHLAMMSPIEGELMESSSYSTEMS IN EINER KLEINKLÄRANLAGE	3-19
BILD 10:	SCHLAMMSPIEGELMESSSYSTEM IM EINGEBAUTEN ZUSTAND	3-20
BILD 11:	ZEITLICHER VERLAUF DER MIT DER SCHLAMMSONDE GEMESSENEN DATEN	3-21
BILD 12:	EICHUNG DES SCHLAMMSPIEGELMESSSYSTEMS AUF TS-GEHALT	3-22
BILD 13:	KORRELATION DER VON DER ABLAUFKONTROLLSONDE GEMESSENEN OPTISCHEN EIGENSCHAFTEN ZUM CSB	4-24
BILD 14:	PROTOTYP DER HEBERKONSTRUKTION FÜR DAS ABLAUFKONTROLLSYSTEM	4-26
BILD 15:	VERBESSERTE HEBERKONSTRUKTION FÜR DAS ABLAUFKONTROLLSYSTEM	4-27
BILD 16:	GLASSCHEIBEN OHNE BESCHICHTUNG NACH 3 MONATEN IM EINSATZ	4-28
BILD 17:	GLASSCHEIBEN MIT BESCHICHTUNG NACH 43 TAGEN IM EINSATZ	4-28
BILD 18:	FLIESSSCHEMA DER UNIDIREKTIONALEN DATENKOMMUNIKATION	5-30
BILD 19:	FLIESSSCHEMA DER BIDIREKTIONALEN DATENKOMMUNIKATION	5-32
BILD 20:	VERSUCHSANORDNUNG SCHLAMMSPIEGELMESSUNG (OHNE SONDE) MIT FERNÜBERTRAGUNG	5-33
BILD 21:	ÜBERWACHUNGSSOFTWARE SLUDGECONTROL	5-34
BILD 22:	SCHLAMMALARMELDUNG PER SMS	5-35

1 Einleitung

In Deutschland werden langfristig ca. 2 Millionen Haushalte ihr Abwasser nicht zentral in Großkläranlagen, sondern vor Ort über Kleinkläranlagen entsorgen. In NRW beträgt der Anschlussgrad an ein öffentliches Kanalisationsnetz etwa 97 %. Das bedeutet, dass in Nordrhein-Westfalen etwa 550.000 Einwohner ihr Abwasser in ca. 130.000 Kleinkläranlagen und abflusslose Gruben entsorgen (MUNLV, 2004).

Zentrale Kläranlagen kontrollieren permanent die Funktionstüchtigkeit ihrer Reinigungssysteme sowie die Qualität des gereinigten Abwassers durch häufige Probenahme und Analytik, also auch durch diverse Messgeräte im Wert von mehreren tausend Euro. Um die Reinhaltung der Gewässer ebenfalls bei Kleinkläranlagen gewährleisten zu können, bemühen sich Behörden und Hersteller um moderne Klärsysteme sowie eine gesicherte und qualifizierte Wartung. Der anfallende Schlamm wird gemessen und nach Bedarf abgefahren. Durch den hohen personellen, technischen und organisatorischen Aufwand von Wartung und Schlammabfuhr entsteht dem Betreiber und der Kommune ein nicht unerheblicher Kostenaufwand.

Zurzeit muss die ständige Überwachung und Funktionskontrolle der Kleinkläranlage vom Besitzer durchgeführt werden. Die Wartungsarbeiten werden im Standardfall von beauftragten Wartungsunternehmen durchgeführt. Die vorgeschriebene Wartungshäufigkeit ist abhängig vom verwendeten Reinigungssystem. Naturnahe Anlagen (Pflanzenbeete und Abwasserteiche) werden in den meisten Fällen nur einmal pro Jahr gewartet (DWA-A 262, 2006). Die wasserrechtliche Erlaubnis für das Einleiten des Abwassers in ein Gewässer (§§ 2 und 7 WHG, 2002) wird von der zuständigen Unteren Wasserbehörde erteilt. Von dieser Behörde wird zumeist nur gefordert, bei jeder zweiten Wartung den Schlamm Spiegel zu messen und die Qualität des Kläranlagenablaufs zu untersuchen. Der Zeitraum zwischen den Kontrollen beträgt also durchschnittlich sechs bis zwölf Monate.

Die für die Wartung von Kleinkläranlagen lange Zeit maßgebende DIN 4261-4 (1984) wurde im Oktober 2005 zurückgezogen. Die DIN EN 12566-3 (2005) bildet in Verbindung mit der Abwasserverordnung (AbwV, 2004) die Grundlage für die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin festgelegten Zulassungsgrundsätze für die Bemessung, sowie den Bau und Betrieb von Kleinkläranlagen. Diese Zulassungsgrundsätze regeln ebenfalls die Wartung. In Zukunft wird der Großteil der Kleinkläranlagen mindestens zweimal pro Jahr gewartet werden müssen (DIBt, 2005). DIN 4261-1 (Dez. 2002) regelt weiterhin die Schlammabfuhr und ist neben der DIN EN 12566-3 gültig.

Wartungsunternehmen nehmen in der Vorklärung Schlammspiegelmessungen vor, um die abgesetzte Schlammmenge zu ermitteln und eine bedarfsgerechte Abfuhr zu veranlassen. Eine weitere Anwendung ergibt sich im Bereich der Nachklärbecken von Belebungs- oder getauchten Festbettanlagen. Dort kann ein zu hoher Schlamm Spiegel zu Schlammabtrieb führen. Eine kontinuierliche Messung des Schlamm Spiegels hat den Vorteil, dass eine ständige Funktions- und Füllstandskontrolle der Kleinkläranlage möglich ist.

Das Wasser aus dem Ablauf der Nachklärung von Kleinkläranlagen darf einen CSB von 150 mg/l und einen BSB₅ von 40 mg/l nicht überschreiten. Diese Mindestanforderungen gelten nach Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV, 2004).

Um die Überwachung von Kleinkläranlagen hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung und einer kontinuierlichen Funktionskontrolle zu vereinfachen, arbeitete die Fa. Umwelttechnischer Service Jörg Huntmann (U.T.S jh) gemeinsam mit der Fachhochschule Lippe und Höxter, Labor für Siedlungswasserwirtschaft, an der Umsetzung einer „elektronischen Wartungseinheit“. Das Projekt wurde vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert (AZ IV - 9 - 042 194).

Ziel des Forschungsprojekts war es, den Betrieb und die Überwachung von Kleinkläranlagen durch die Entwicklung einer elektronischen Wartungseinheit, bestehend aus Schlammspiegelsonde, Ablaufkontrollsystem und Datenkommunikationstechnik, zu optimieren. Folgende Module sollten entwickelt werden:

- 1.) Kontinuierliche Messung des Schlammspiegels in den Absetzkammern,
- 2.) Kontinuierliche Messung der Ablaufqualität,
- 3.) Übertragung der Daten zum Wartungsunternehmen.

Zu 1.) Der Schlammspiegel wird über eine Messsonde, welche in ca. 50 % der Füllhöhe des Absetzbeckens angebracht ist, kontinuierlich gemessen. Ist eine 50%-Füllung erreicht, wird ein entsprechendes Signal zu einem Zentralrechner übertragen.

Zu 2.) Die Messung der Ablaufqualität erfolgt kontinuierlich. Zur Kontrolle der Wasserqualität wird eine Sonde eingesetzt, deren Messbereich in Korrelation zum CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) steht. Auf diese Weise kann eine permanente und kostengünstige Abwasseranalyse erfolgen.

Zu 3.) Die gewonnenen Daten werden in einem Datenfernübertragungsmodul gespeichert, ausgewertet und bei Grenzwertüberschreitung an einen Zentralrechner weitergeleitet. Dieser kann bei Meldung einer vollen Vorklä rung die Schlammabfuhr organisieren und bei einer schlechten Abwasserqualität den Wartungsdienst benachrichtigen. Damit Betriebszustände der Kleinkläranlage jederzeit abgefragt werden können, ist dies vom Zentralrechner oder vor Ort, über das Datenfernübertragungsmodul, möglich.

Die Wirtschaftlichkeit (Anschaffungs- und Betriebskosten) der eingesetzten Messsysteme war dabei von großer Bedeutung. Ein Erfolg des Vorhabens sollte zur Umweltentlastung in der dezentralen Abwasserentsorgung bei gleichzeitiger Kostenreduzierung für alle Beteiligten führen.

An dieser Stelle wird auf den Zwischenbericht der Fachhochschule Lippe und Höxter vom 13.12.2005 (Austermann-Haun und Hüpping, 2005) hingewiesen, der ebenfalls technische Details zur im Rahmen dieses Vorhabens untersuchten und entwickelten Technik enthält.

2 **Wartung von Kleinkläranlagen**

Der schlechte Ruf, der den biologischen Kleinkläranlagen vielerorts anhängt, ist in den meisten Fällen weniger auf konstruktive Mängel oder Bemessungsfehler, als vielmehr auf eine unsachgemäße Wartung und Kontrolle dieser Anlagen zurückzuführen. Kleinkläranlagen müssen so betriebssicher sein, dass dem Betreiber ein möglichst geringer Aufwand für Kontrollen und Wartung zugemutet werden muss. Die Wartung von Kleinkläranlagen ist in den Zulassungsgrundsätzen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt, 2005) geregelt. Diese Regeln unterscheiden zwischen der Eigenkontrolle des Betreibers und der Wartung durch Fachpersonal. Der Betreiber muss zur Eigenkontrolle die erforderliche Sachkunde besitzen. Laut DIBt (2005) wird er als „sachkundig“ angesehen, wenn er aufgrund seiner Ausbildung, seiner Kenntnisse und seiner durch praktische Tätigkeit gewonnenen Erfahrungen gewährleisten kann, dass die Eigenkontrolle an Kleinkläranlagen sachgerecht durchgeführt werden kann. Bei der Eigenkontrolle durch den Betreiber sind folgende Kontrollen durchzuführen:

Tägliche Kontrollen

- Es ist zu kontrollieren, ob die Anlage in Betrieb ist.

Wöchentliche Kontrollen

Betriebsstundenzähler der maschinellen Einrichtungen und sonstigen Anzeigeinstrumente sind abzulesen.

Es sind Feststellungen zu treffen über die Funktion von

- Lufteintrag bei Belebungsanlagen,
- Schlamm- oder Abwasserrückführung,
- Beschickungs- und Verteilungseinrichtungen,
- sonstige Einrichtungen.

Monatliche Kontrollen

Es sind folgende Kontrollen durchzuführen:

- Bestimmung des Schlammvolumenanteils bei Belebungsbecken nach den Angaben der Betriebsanleitung,
- Sichtkontrolle auf Schlammabtrieb im Ablauf,
- Feststellung von Schwimmschlamm auf der Nachklärbeckenoberfläche und gegebenenfalls Beseitigung des Schwimmschlammes.

Zusätzlich müssen die in der Betriebsanleitung festgelegten anlagenbezogenen Eigenkontrollen, Ablesungen und Arbeiten in den dort genannten Zeitabständen vorgenommen werden.

Bei einer Wartung sind die Arbeiten durch einen Fachbetrieb durchzuführen. Nach DIBt (2005) sind dies betreiberunabhängige Betriebe, deren Mitarbeiter aufgrund ihrer Berufsausbildung und der Teilnahme an einschlägigen Qualifizierungsmaßnahmen über die notwendige Qualifikation für Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen verfügen.

Mindestens zweimal pro Kalenderjahr, also in Abständen von etwa 6 Monaten, sind nach DIN EN 12566-3 (2005) bzw. DIBt (2005) besonders folgende Wartungsarbeiten erforderlich:

- a) Einsichtnahme in das Betriebsbuch und Ablesen des Betriebsstundenzählers mit Feststellung des regelmäßigen Betriebs (Soll-Ist-Vergleich),
- b) Funktionskontrolle der betriebswichtigen maschinellen, elektronischen und sonstigen Anlagenteile, insbesondere Belüftung, Umwälzung, Schlamm- und Abwasserrückführungen, Steuereinrichtungen,
- c) Wartung der maschinellen Einrichtungen,
- d) Einstellen optimaler Betriebswerte, zum Beispiel Sauerstoffversorgung und Schlammvolumenanteil,
- e) Feststellung der Schlamm Spiegelhöhe im Schlamm Speicher und gegebenenfalls Veranlassung der Schlammabfuhr,
- f) Durchführung allgemeiner Reinigungsarbeiten, zum Beispiel Beseitigung von Schwimmschlamm und Ablagerungen,
- g) Überprüfung des baulichen Zustands der Anlage, zum Beispiel Zugänglichkeit, Lüftung und Korrosionsschäden.
- h) Die durchgeführte Wartung ist im Betriebsbuch zu vermerken.

Im Rahmen der Wartung sind außerdem folgende Untersuchungen durchzuführen:

- i) Untersuchung einer Stichprobe im Ablauf auf
 - Temperatur,
 - pH-Wert,
 - absetzbare Stoffe,
 - Durchsichtigkeit,
 - BSB₅ (mindestens bei jeder 2. Wartung),
- j) Bestimmung folgender Werte im Belebungsbecken
 - Sauerstoffkonzentration,
 - Schlammvolumenanteil,
 - Trockensubstanz des belebten Schlammes,
 - Schlammindex.

Wie einleitend bereits erwähnt, erteilt die zuständige Untere Wasserbehörde die wasserrechtliche Erlaubnis für das Einleiten des Abwassers in ein Gewässer. Dort wird im Einklang mit der DIN 4261-1 (2002), die die Wartung nach Bedarf vorschreibt, zumeist nur bei jeder zweiten Wartung gefordert, den Schlamm Spiegel zu messen und die Qualität des Kläranlagenablaufs (CSB) zu untersuchen, abhängig von der Bauartzulassung der jeweiligen Anlage. Der Zeitraum zwischen den Kontrollen beträgt daher durchschnittlich sechs bis zwölf Monate. Naturnahe Anlagen wie Pflanzenbeete und Abwasserteiche ohne bauaufsichtliche Zulassung des DIBt werden ein- bis zweimal pro Jahr gewartet, wiederum abhängig von der zuständigen Überwachungsbehörde.

Die DIN EN 12566-3 schreibt darüber hinaus neue Festlegungen hinsichtlich der Betriebssicherheit vor. Hier heißt es: "Die Anlagen müssen mit einer Alarmvorrichtung ausgestattet sein, die Betriebsstörungen (beispielsweise elektrisches, mechanisches oder hydraulisches Versagen) anzeigt. Der Hersteller muss angeben, welche Art von Versagen durch die Alarmgebung nachgewiesen wird." Hierzu gehört auch eine netzunabhängige Stromausfallüberwachung. Es handelt sich dabei um ein Akku oder Batterie versorgtes Bauteil, welches bei Unterbrechung der Stromzufuhr Alarm auslöst. Diese Kleinkläranlagen mit bauaufsichtlicher Zulassung von 2005 oder später können nur zweimal jährlich gewartet werden (DIBt, 2005).

Die Betrachtung der zitierten Regeln, Vorschriften, Normen und Gesetze zeigt zwei Nachteile bei der Wartung und Überwachung von Kleinkläranlagen. Erstens ist für die Sicherstellung der Reinigungsleistung ein beachtlicher zeitlicher und organisatorischer Aufwand aller Mitwirkenden notwendig. Hier sind verschiedene Personen und Einrichtungen beteiligt, u. a. Betreiber (Eigenkontrolle), Wartungsunternehmen (Wartung und Überprüfung der Kleinkläranlage), Behörden (Prüfung und Überwachung der Messwerte), Abfuhrunternehmen (Schlammabfuhr) und Kläranlagen (Schlammannahme).

Zweitens stellt die optische und manuelle Überprüfung von Kleinkläranlagen hinsichtlich Funktionsfähigkeit, Betriebszustand, Schlamm Spiegel und Reinigungsleistung immer nur eine Momentaufnahme dar. Störungen können unter Umständen über Wochen und Monate unentdeckt bleiben, was zu Fehlfunktionen oder zum Ausfall der gesamten Anlage führen kann. Da die Untersuchungszeiträume hinsichtlich der Ablaufqualität bei dem Großteil der Kleinkläranlagen durchschnittlich mehr als sechs Monate beträgt, ist die Kontrolle in dieser Stichprobenform noch erheblich ungenauer. Dies kann zu Gewässerverschmutzung und zur Umweltbelastung über lange Zeiträume aufgrund von unzureichend gereinigtem Wasser aus dem Kläranlagenablauf führen.

Vor dem Hintergrund, dass in Deutschland etwa 9,5 % der Bevölkerung – in NRW 3 % – ihr Abwasser über Kleinkläranlagen und abflusslose Gruben entsorgen (MUNLV, 2004), diese aber nach Schätzungen für bis zu 44 % der CSB-Belastung der Gewässer verantwortlich sind (Otto, 2000), ist hier ein Ansatzpunkt für eine deutliche Reduzierung der Schmutzfrachten zu sehen. Durch eine kontinuierliche Kontrolle der Schlamm Spiegelhöhe in der Vorklärung, kann ein Übertritt von Schlamm in die biologische Reinigungsstufe und die Nachklärung rechtzeitig erkannt und daher vermieden werden.

Das Risiko, dass Schlamm in den Ablauf gelangt und zu einer Gewässerbelastung führt, kann so vermindert werden.

Eine weitere Sicherungsmaßnahme stellt die Online-Überwachung der Ablaufqualität dar, die dauerhaft durchgeführt wird. Entspricht das Wasser im Kleinkläranlagenablauf nicht den gesetzlich geforderten Qualitätsansprüchen, wird dies ebenfalls erkannt und die Gefahr, dass Gewässer durch schlecht oder gar nicht gereinigtes Abwasser belastet werden, kann so ebenfalls minimiert werden. Beide Zustände (Schlammspiegelhöhe und Ablaufqualität) werden je nach Bedarf an Anlagenbetreiber, Wartungsunternehmen und/oder Behörde per Datenfernübertragung weitergeleitet. Mit Hilfe dieser Überwachungsstrategie kann möglicherweise mittelfristig das Maß der Gewässerbelastung aus Kleinkläranlagen spürbar gesenkt werden.

3 Schlammspiegelmesssonde

3.1 Konventionelle Schlammspiegelmessung

Die Messung der Schlammhöhe in der jeweiligen Kammer wird im Rahmen der vorgeschriebenen Wartungstätigkeit vom beauftragten Fachunternehmen durchgeführt. Häufig wird von der Fachfirma ein Acrylglasrohr eingesetzt, um den Füllstand zu ermitteln. Dieses Rohr wird in die Vor- bzw. Nachklärung mit geöffnetem Ventil bis zum Grund abgelassen und das Ventil am unteren Ende des Rohrs geschlossen. In dem Messrohr bildet sich dann der Beckeninhalte als geschlossene Säule ab (Bild 1). Die Schichtung im Becken einschließlich der Schichtdicke des Bodenschlammes ist dann direkt ablesbar. Aufgrund der Bauart des Acrylglasrohrs mit Ventil können die unteren 5 cm nicht abgebildet werden. Das Messverfahren ist zwar einfach, erfordert aber einigen Zeitaufwand, unter anderem durch die erforderliche Reinigung der Geräte, und zeigt immer nur eine Momentaufnahme. Eine kontinuierliche Messung des Schlammspiegels hat dagegen den Vorteil, dass eine ständige Funktions- und Füllstandskontrolle der Kleinkläranlage möglich ist.



Bild 1: Messung des Schlammspiegels im Rahmen einer Kleinkläranlagenwartung

Es wurde bereits erwähnt, dass der Zeitraum zwischen den Füllstandsmessungen durchschnittlich sechs bis zwölf Monate betragen kann. Durch diese stichpunktartige Überwachung erfolgt nur eine Momentaufnahme einer komplexen technischen Reinigungsanlage, die ununterbrochen funktionsfähig sein und für einen gereinigten Ablauf sorgen muss. Im Vergleich zu den kontinuierlichen Überwachungssystemen kommunaler Kläranlagen, herrscht im Kleinkläranlagenbereich ein Nachholbedarf im Hinblick auf die Sicherstellung von Funktionsfähigkeit und Reinigungsleistung. Da allein in Nordrhein-Westfalen etwa 550.000 Einwohner ihr Abwasser in ca. 130.000 Kleinkläranlagen und abflusslose Gruben entsorgen (MUNLV, 2004), wird deutlich, dass dies kein marginales Problem ist.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in den Jahren 2004 und 2005 jeweils drei Wartungstouren durchgeführt. Der Zeitaufwand für eine Tour betrug etwa zwei Monate und umfasste die Untersuchung und Beprobung von 150 bis 200 Kleinkläranlagen (ca. 8 Kleinkläranlagen pro Tag). Bei diesen Kontrollen hat sich herausgestellt, dass die Schlammabfuhr bei einigen Anlagen zwei- oder dreimal pro Jahr nötig ist. Der erhöhte Schlammfall in diesen Klärsystemen würde bei der vorgeschriebenen Wartungshäufigkeit nicht bemerkt werden. Der Übertritt von Vorklärschlamm in die Biologie sowie Schlammabtrieb in Richtung Gewässer wären mögliche Folgen. Darüber hinaus kann die biologische Behandlungsstufe, z. B. Festbett, Tropfkörper oder Membranmodul, durch übertretenden Schlamm verstopfen und ausfallen. Ohne eine kontinuierliche Überwachung der Kleinkläranlage lässt sich der Schlammfall kaum vorhersagen, da er aufgrund der Betreibergewohnheiten (Tages- und Jahreszeit, Nahrungsgewohnheiten, Krankheit, Urlaub, Feiern, Besuch) sehr unterschiedlich ist.

Des Weiteren zeigten die durchgeführten Wartungstätigkeiten, dass der Schlamm Spiegel insbesondere in der Vorklärung auch unabhängig von der Schlammzufuhr aufgrund von Verwirbelungen, Gasentwicklungen und der Verdichtung des Bodenschlammes stark schwankt. Dieses Verhalten kann zum Zeitpunkt der Wartung nicht festgestellt werden. Unter Umständen beauftragt dann der Wartungsfachmann ein Abfuhrunternehmen aufgrund einer vermeintlich vollen Vorklärung. Beim Eintreffen der Entsorgungsfirma kann der Schlamm auf einen Bruchteil der ursprünglichen Füllhöhe zusammengesackt sein. Dann muss der Betreiber zumindest die Anfahrt des Abfuhrunternehmens bezahlen. In der Praxis hat sich allerdings herausgestellt, dass viele Entsorgungsfirmen in diesem Fall trotzdem „wie gewohnt“ Schlamm abpumpen und dem Anlagenbetreiber eine „übliche“ Schlammabfuhr in Rechnung stellen, obwohl das abgezogene Gemisch zum Hauptteil aus Wasser und nur zu einem geringen Prozentsatz aus Vorklärschlamm besteht. Bei kontinuierlicher Überwachung können solche Schwankungen der Schlamm Spiegelhöhe festgestellt und vorausgesagt werden, was zu einer finanziellen Entlastung der Betreiber und einer optimierten Tourenplanung auf Seiten der Abfuhrunternehmer führt.

Mit der entwickelten Technik können nicht nur Entsorgungsunternehmen und Schlammannahmestellen die zu erwartenden Schlamm-mengen kalkulieren und ihren Betrieb verbessern. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die Messwerte in Datenbanken zu speichern und aufgrund der Werte Statistiken über Schlammfall und -entsorgung aufzustellen, die Aufschluss über die Verteilung nach Kleinkläranlagensystem, Hersteller

oder Landkreis geben. Diese Daten können für Kommunen und Wasserbehörden von Interesse sein.

Aus diesen Gründen wurde von der Fa. Umwelt Technischer Service Jörg Huntmann (U.T.S jh) und der FH Lippe und Höxter ein Schlammspiegelmesssystem entwickelt, das eine kontinuierliche Überwachung ermöglicht und so die Funktionsfähigkeit und Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen sicherstellt.

3.2 Entwicklung des Schlammspiegelmesssystems

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden folgende elektronische Messmethoden zur Erfassung des Schlammspiegels in Erwägung gezogen:

Tabelle 1: Auswahl des geeigneten Messprinzips der Schlammsonde

Messprinzip	Ergebnis
Schwinggabel (Vibrationsgrenzschalter)	Dichtedifferenz zwischen Abwasser und Schlammgemisch zu gering
Druckmessdose	Dichtedifferenz zwischen Abwasser und Schlammgemisch zu gering; hohe Anschaffungskosten
Leitfähigkeitsmesser	Ionenablagerungen an Sondenköpfen führten schnell zu Verkrustungen; Messprinzip stark temperaturabhängig
Kapazitätsmesssonde	Hohe Anschaffungskosten; bei einigen Schlammgemischen keine Messwertanzeige
Einpressdruck	Erfassung der Messwerte elektrotechnisch sehr komplex, daher unwirtschaftlich
Ultraschallsensor	Sehr hohe Anschaffungskosten für wasserdichte und hochgenaue Sensoren
Lichtschranke (Einweg/Zweiweg)	Positive Testergebnisse; robustes und einfaches Messverfahren

Nach Versuchen und Testreihen an unterschiedlichen Vorklärschlämmen zeigte sich, dass die Einweglichtschranke im Bezug auf mechanische Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit die beste Messmethode darstellt.

Die Bestimmung des Schlammspiegels erfolgt über eine Punktmessung, d. h. der Füllstand wird nicht kontinuierlich gemessen, sondern nur die *Überschreitung* des maximal zulässigen Schlammpegels augenblicklich sensorisch erfasst und über ein Signal ausgegeben. Dieses Modul zur Erfassung des absetzbaren und zu entsorgenden Schlammes wird beispielsweise in den Vorklärbehälter montiert. Die mit dem Erfassungssystem gewonnenen Daten werden im Übertragungsmodul gespeichert, ausgewertet und bei einer Grenzwertüberschreitung an einen Zentralrechner weitergeleitet, der z. B. das zuständige Abfuhrunternehmen informiert. Ein weiterer Anwendungsfall ergibt sich für SBR-Klärsysteme. Hier können mit Hilfe der Schlammspiegelsonde die Belüftungs- und Absetzzeiten kontinuierlich überwacht und optimiert werden.

Das komplette Schlammspiegelmesssystem ist in Bild 2 dargestellt. Unten links befindet sich die eigentliche Messeinheit. Dieses Bauteil verbleibt dauerhaft unterhalb des Wasserspiegels in der Vorklärung und wurde so ausgebildet, dass es schmutzwasserresistent ist. Zudem muss es im Hinblick auf den zu erwartenden Kontakt mit dem technischen Gerät von Wartungs- und Abfuhrunternehmen sehr robust sein. Das Gleiche gilt für die Haltestange, die in verschiedenen Längen erhältlich und stufenlos höhenverstellbar ist. Mit dieser Teleskophalterung wird die Messeinheit zentimetergenau auf Höhe des maximal zulässigen Füllstands angebracht.

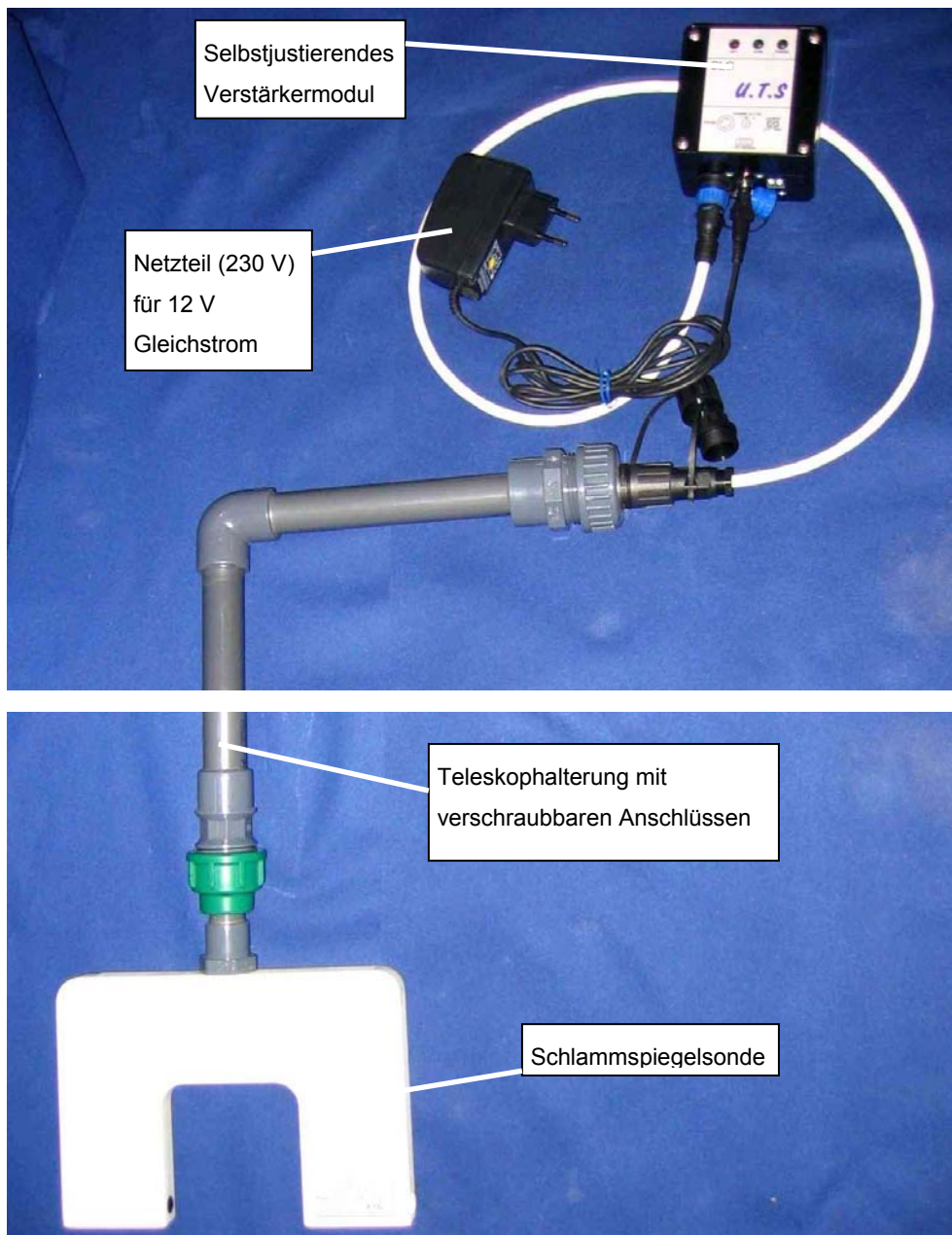


Bild 2: Komplettes Schlammspiegelmesssystem mit Schlammspiegelsonde (links unten), höhenverstellbarer Halterung, Netzteil und Messverstärker (rechts oben)

Da wesentliche Eigenschaften von Schlamm, wie Dichte, Konsistenz, Färbung, Feststoffgehalt etc., von Anlage zu Anlage verschieden sind, wurde eine Schlammspiegel-

messeinheit entwickelt, die auch bei größeren Schwankungen der vorgenannten Parameter fehlertolerant ist und sich selbständig justiert. Der Abstand und damit die Kabellänge zwischen Schlammspiegelsonde (z. B. in der Vorklärung) und Verstärkereinheit (z. B. im Schaltschrank) kann dank der Möglichkeit, den Verstärker individuell anzupassen, 40 m und mehr betragen.

3.3 Verstärkermodul

Der in Bild 3 abgebildete Messverstärker mit automatischer Sendeleistungsanpassung stellt eine Neuentwicklung im Rahmen dieses Forschungsvorhabens dar. Über die integrierte serielle Schnittstelle kann das Modul mit einem PC direkt oder über ein Modem ausgelesen werden. Darüber hinaus ist dieser Stand-Alone-Verstärker ein hochwertiges Low-Cost-Produkt, das mit diesen elektronischen Komponenten so preisgünstig bisher nicht auf dem Markt erhältlich ist.

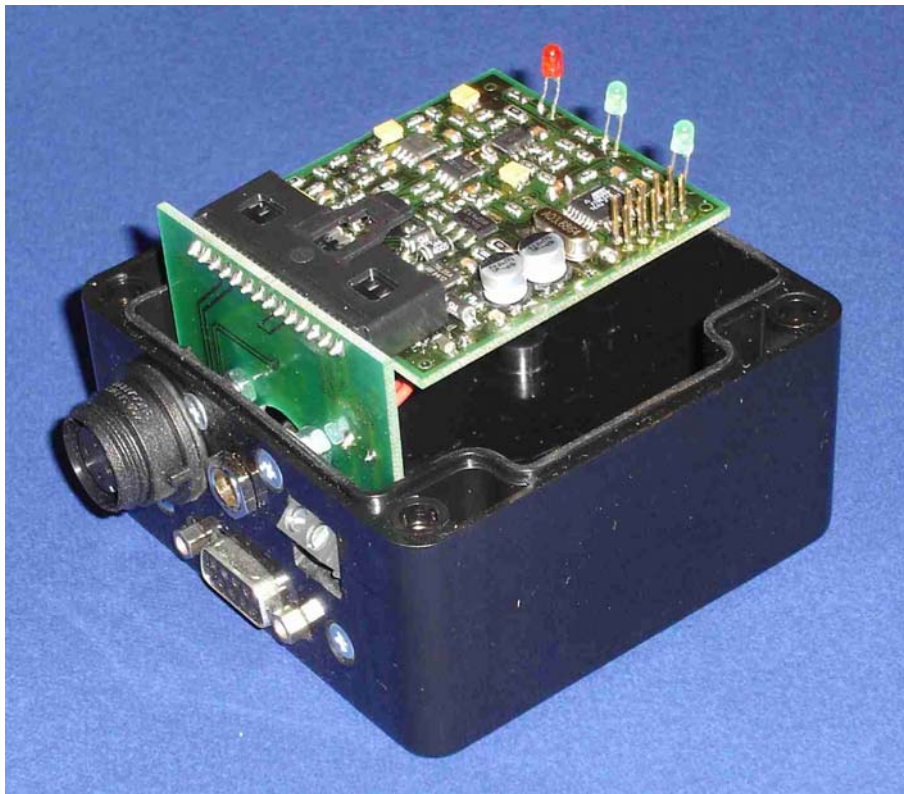


Bild 3: Stand-Alone-Verstärker der Schlammspiegelsonde

Die drei Leuchtdioden (LED) auf der Oberseite (Bild 4) haben die nachfolgend beschriebenen Funktionen. Das Aufleuchten der roten LED 1 zeigt an, dass die Ausgangsklemmleiste geschaltet hat (Bild 5, Ziffer 3) und dort 12 V anliegen. Dies weist darauf hin, dass die Schlammspiegelsonde den maximal zulässigen Füllstand registriert hat. Das Schaltsignal für den „Schlammalarm“ kann an der Ausgangsklemme abgegriffen werden und beispielsweise eine Alarmleuchte außerhalb der Kleinkläranlage auslösen oder von einer Fernüberwachungseinheit (siehe Kapitel 5 - Datenkommunikation) verarbeitet und

weitergeleitet werden. Für den Anschluss eines Datenfernübertragungsmoduls ist eine serielle Schnittstelle vorgesehen. Der in die Verstärkereinheit integrierte Mikrocontroller sorgt dafür, dass der Verstärker die Messsignale selbständig stabilisiert und sich so an den individuellen Schlamm der jeweiligen Kleinkläranlage anpasst. Das Aufleuchten der grünen Leuchtdiode Nr. 2 zeigt dies an. Wird das Modul vom Netzteil mit der erforderlichen Versorgungsspannung von 12 V versorgt, zeigt LED 3 durch grünes Licht die Betriebsbereitschaft an.



Bild 4: Verstärkermodul der Schlammspiegelsonde (Draufsicht)

An der Frontpartie der Verstärkereinheit befinden sich die Stecker und Anschlüsse (Bild 5). Die Signale der Schlammspiegelsonde werden über die 4-polige Buccaneer-Micro-Buchse (1) vom Messverstärker abgegriffen. Über den Stecker (2) wird das Modul vom Netzteil mit 12 V Gleichstrom versorgt. Wie zuvor beschrieben, liegt an der 2-poligen Klemmleiste (3) eine Spannung an, wenn die zulässige Schlammspiegelhöhe überschritten ist. Des Weiteren besteht eine Anschlussmöglichkeit über die 9-polige serielle Schnittstelle (4) an einen PC. Wahlweise kann ein Modem angeschlossen werden. Dies ermöglicht den Versand von Alarm-SMS sowie Einstellungsänderungen und Softwareupdates von einem beliebigen Ort aus (Remotecontrol).



Bild 5: Verstärkermodul der Schlammspiegelsonde (Vorderansicht)

3.4 Gehäusebau

Bei der Wahl von Gehäusematerial und -form mussten verschiedene Rahmenbedingungen beachtet werden. Das Material musste alterungs- und abwasserbeständig sein, um den dauerhaften Einsatz im aggressiven Abwasser-Schlamm-Gemisch der Kleinkläranlage unbeschadet zu überstehen. Die Bildung von Biofilmen oder Ablagerungen sowie Änderungen der Bauteilform durch Korrosion oder Verformungen mussten vermieden werden. Darüber hinaus war der Schutz der Messköpfe vor eindringendem Wasser notwendig. Weiterhin sollten die Möglichkeiten der Kabelführung und die Befestigung des Sondengehäuses an der Halterung berücksichtigt werden. Volumen und Oberfläche des Bauteils wurden aus Platz- und Kostengründen so klein wie möglich ausgebildet. Zudem konnte so die Gefahr von Beschädigungen oder Ablagerungen verringert werden. Es folgten Testreihen mit Kunststoffen, die in der Industrie üblicherweise für den Bau von Gehäusen verwendet werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Untersuchte Kunststoffarten für Gehäusebau

Bezeichnung	Abkürzung	Eigenschaften
Polyethylen	PE	weichmacherfrei, daher kein Verspröden
Polyvinylchlorid	PVC hart	sehr leicht verformbar (60 °C), chemikalienbeständig, weichmacherfrei, daher kein Verspröden
Polymethylmethacrylester	PMMA (Acrylglas)	hart, nicht kratzfest, altert nicht, chemikalienbeständig
Polyoxymethylen	POM	extrem verschleißfest, chemikalien- und lösemittelbeständig, hohe Maßhaltigkeit, hoher Verarbeitungsaufwand
Polyethylenterephthalat-Copolymer	PETG	große Härte, chemikalienbeständig, extrem schlagzäh

Um festzustellen, welcher dieser Kunststoffe am beständigsten gegenüber häuslichem Abwasser ist, wurden die Probestücke für sechs Monate in eine mit Vorklärschlamm gefüllte Acrylglassäule im Versuchslabor gehängt. Nach Ablauf dieser Zeit hatte sich kein Bewuchs auf den Kunststoffen gebildet. Die Stücke hatten sich auch nicht verfärbt. Daher sind alle fünf getesteten Kunststoffarten für den Bau von Gehäusen einsetzbar. Nach anfänglichen Versuchen mit abgedichteten Elektrokästen aus Polyethylen (Bild 6), die sich als nicht dauerhaft wasserdicht erwiesen, fiel die Wahl auf das abwasserbeständige Material Edelstahl (Bild 7).

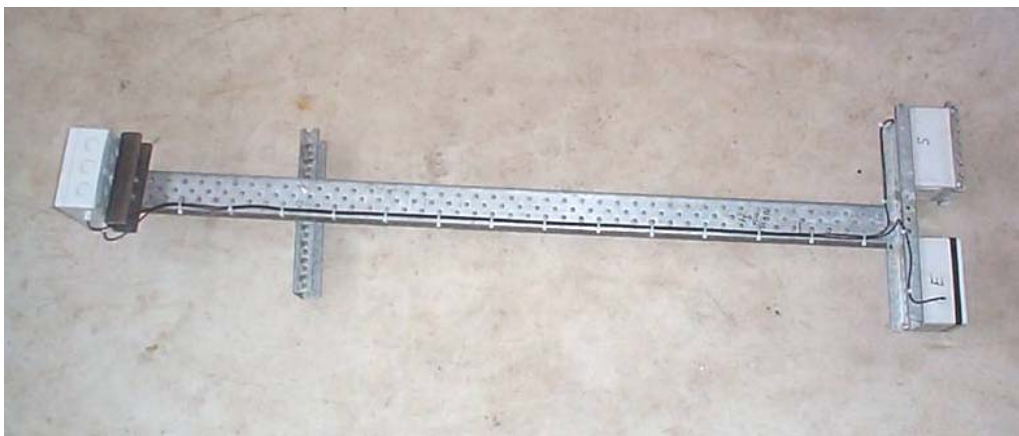


Bild 6: Prototyp einer Schlammspiegelmesseinheit mit Elektrokästen aus Polyethylen

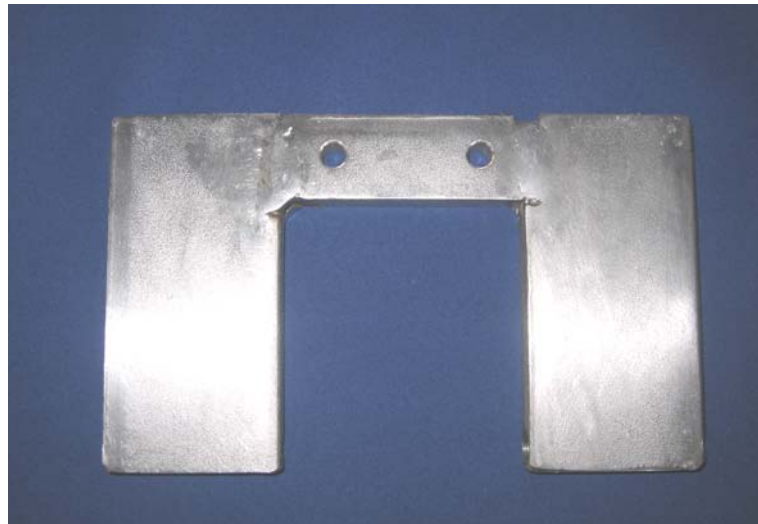


Bild 7: Gehäuse der Schlammspiegelsonde aus Edelstahl

Da die Bearbeitung (Schweißen, Fräsen, Bohren etc.) von Edelstahl einen relativ hohen Aufwand erfordert, wurde für den nächsten Prototyp Glasfaserkunststoff (GFK) verwendet. GFK ist einerseits dauerhaft abwasserbeständig und bietet andererseits Biofilmen keinen Halt (Bild 8). Monatelange Praxistests des Moduls in verschiedenen Kleinkläranlagen bestätigen diese Eigenschaften. Darüber hinaus ist das Gehäuse wasser- und staubdicht (Schutzklasse IP 68 nach DIN EN 60529 (2000)) sowie im Hinblick auf den zu erwartenden Kontakt mit dem technischen Gerät von Wartungs- und Abfuhrunternehmen schlagfest. Auch die Bauteilform wurde weiter hinsichtlich Form und Größe optimiert.



Bild 8: Gehäuse aus unempfindlichem Glasfaserkunststoff

Um die entwickelten Sonden unter realen Bedingungen testen zu können, erfolgte der Einbau in die Vorklärung verschiedener Kleinkläranlagen der marktüblichen Reinigungssysteme. Diese Messsysteme waren mit Datenloggern ausgestattet, die in regelmäßigen Abständen ausgelesen wurden. In Bild 9 ist ein erster Prototyp zu sehen, bei dem die Verstärkereinheit im Inneren der Kleinkläranlage angebracht ist.



Bild 9: Prototyp eines Schlammspiegelmesssystems in einer Kleinkläranlage

Bild 10 zeigt das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entwickelte Schlammspiegelmesssystem in der Vorklärkammer einer Kleinkläranlage. Dieser Prototyp stellt die neueste Entwicklungsstufe des Moduls dar. Durch die kompakte Bauweise, die variable Halterung und das außenliegende Verstärkermodul, besteht nur noch ein geringer Platzbedarf innerhalb der Anlage. Dies erleichtert Eigenkontrollen, Wartungsarbeiten und Schlammabfuhr.



Bild 10: Schlammspiegelmesssystem im eingebauten Zustand

3.5 Messungen und Ergebnisse

Während des Projekts ist ein optisches Messsystem auf Basis einer Einweglichtschranke entwickelt worden. In der ersten Entwicklungsstufe der Schlammmesssonde wurden zwei Messreihen aufgenommen. In der ersten Versuchsreihe fand eine Überprüfung statt, ob mit Hilfe des Lichtschrankensystems der Unterschied zwischen Grauwasser und Schlammsschicht erkannt werden kann. Dazu wurden 357 Datenpaare aufgenommen und ausgewertet. Diese Messreihe lieferte das Ergebnis, dass die von der Lichtschranke festgestellte Unterscheidung von Schlamm und Abwasser zu 98,6 % korrekt war.

Die zweite Testreihe umfasste insgesamt 210 Messungen an 53 verschiedenen Kleinkläranlagen. Daraus ergaben sich über 13.000 Wertepaare. Die Füllhöhe des Vorklärschlammes wurde dabei einerseits auf die in der Wartungspraxis übliche Art und Weise mit dem Acrylglasrohr (Bild 1) und andererseits mit einem Prototyp des optischen Messsystems bestimmt, wobei die Tiefe manuell abgelesen wurde. In dieser Versuchsreihe wurde jede Schlammgrenzschicht erkannt. Bei 70 % der Messungen ergab sich eine Abweichung von weniger als 5 cm Höhendifferenz im Vergleich zur herkömmlichen Messmethode. Bei den übrigen 30 % der Messungen sind die Abweichungen von mehr als 5 cm darauf zurückzuführen, dass Aufwirbelungen durch wiederholtes Eintauchen des Referenzmesssystems an der relativ gleichen Eintauchstelle entstehen. Die Genauigkeit des Acrylglasrohrs, das üblicherweise verwendet wird, beträgt mehrere Zentimeter.

Als zweite Entwicklungsstufe erfolgte der Einbau des Schlammspiegelmesssystems in die Vorklärung verschiedener Kleinkläranlagen. Die im nachfolgenden Diagramm (Bild 11) dargestellten Daten sind von einem eingebauten Messsystem innerhalb eines Monats aufgenommen worden. Das Zeitintervall ist zwischen den Messungen auf 4 Stunden

gesetzt worden, um möglichst kleine Zeitfenster zu erhalten. Andere Zeitintervalle (11 Stunden, 2 Tage, ...) können auch gewählt werden. Die von der Lichtschranke gemessenen Daten werden von einem Mikrocontroller verarbeitet. Das Ergebnis sind dimensionslose Werte zwischen 0 und 80, die in umgekehrt proportionalem Verhältnis zur Schlammkonzentration stehen. Messdaten nahe 0 weisen also auf Schlamm hin, während Werte über 70 eine Messung im Bereich des Grauwassers oberhalb des Schlammspiegels anzeigen.

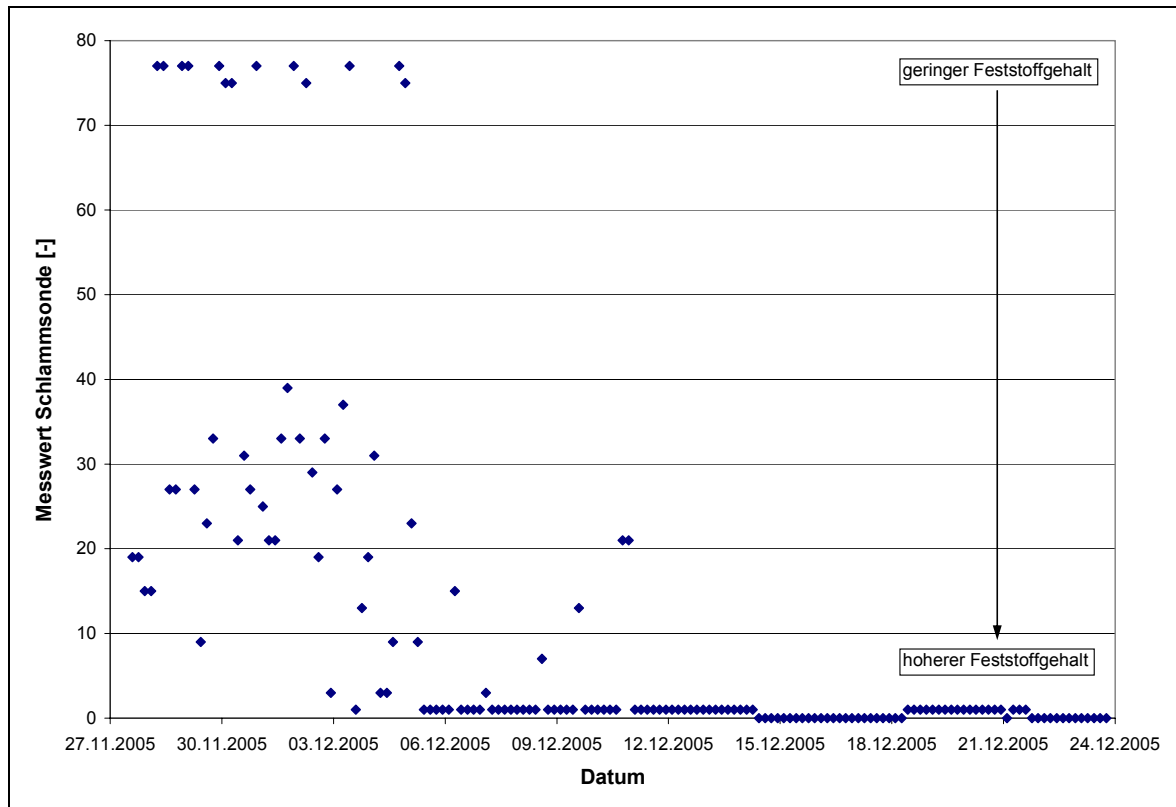


Bild 11: Zeitlicher Verlauf der mit der Schlammsonde gemessenen Daten

Am 27.11.2005 ist das Schlammspiegelmesssystem in der Vorklärung einer Kleinkläranlage auf Höhe der Grenzschicht Grauwasser/Schlamm fest installiert worden. Durch zufließendes Rohabwasser wäre ein stetiger Abfall der Messwerte, also ein Anstieg des Feststoffgehalts, zu erwarten. Der unstete Verlauf vom 27.11. bis 06.12.2005 ist auf folgendes Verhalten zurückzuführen: Die im eingeleiteten Schmutzwasser enthaltenen Feststoffe führen zu einem Anstieg der Trennschicht bis über die angebrachte Messsonde. Dieser Vorgang ereignet sich so lange, bis sich der Bodenschlamm durch sein Eigengewicht verdichtet und die Grenzschicht wieder unter das Schlammspiegelmesssystem sinkt (Bild 11: Messwerte über 70). Ab dem 07.12.2005 ist dieses Verhalten nicht mehr zu erkennen, weil sich die Trennschicht dauerhaft über dem Messsystem befindet. In der Zeit bis zum 10.12. sind 5 Messungen mit erhöhten Werten, das heißt verringerter Schlammkonzentration, zu erkennen. Diese sind darauf zurückzuführen, dass durch Faulungsprozesse entstehende Gasblasen den Schlamm kurzzeitig auflockern. Nach dem 10.12. finden diese Vorgänge zwar weiterhin statt, sind aber messtechnisch mit dem

entwickelten System nicht zu erkennen, da sich der Bodenschlamm schon stärker verdichtet hat.

Im nächsten Entwicklungsschritt erfolgte die Eichung der messbaren Werte auf die Messgröße Trockensubstanzgehalt [mg/l]. Als Grundlage dienten Messdaten von 176 Abwasser-Schlamm-Gemischen aus verschiedenen Kleinkläranlagen. Für Referenzmessungen wurde das optoelektrische SONDENSYSTEM CUC 101 von Endress + Hauser verwendet und der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen nach DIN 38409-2 (1987) bestimmt. Bei der Untersuchung der Abwasserproben stellte sich heraus, dass der TS-Gehalt der Grenzschicht Wasser-Schlamm im Durchschnitt etwa 1,5 g/l beträgt. Diese relativ geringe Konzentration ergibt sich, da das Lichtschrankensystem in der Grauwasserzone wenige Millimeter über dem verdichteten Schlamm misst. Wie in Bild 12 dargestellt, ergab sich nach der Anpassung der gemessenen Werte eine Korrelation (R^2) von 95 %.

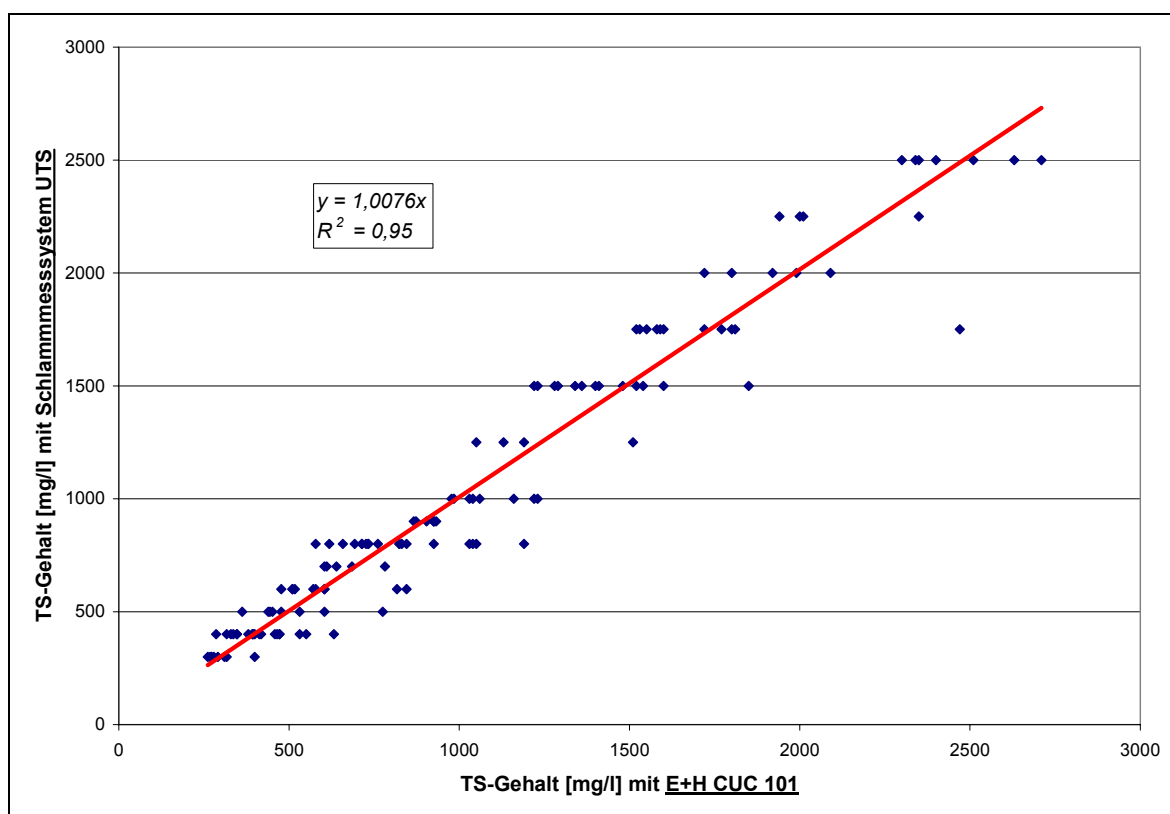


Bild 12: Eichung des Schlammspiegelmesssystems auf TS-Gehalt

Auf dem Schlammspiegelmesssystem ist eine zweistufige Alarmgebung aufgebaut. Das Abwassergemisch mit einem TS-Gehalt von unter 1.500 mg/l wird als Grauwasser angesehen. Bewegen sich die gemessenen Werte in einem „gelben Bereich“ zwischen 1.500 und 2.000 mg/l über einen Zeitraum von 14 Tagen, erfolgt eine Alarmmeldung, z. B. per SMS. Diese weist auf eine erforderliche Schlammausfuhr innerhalb der nächsten drei Monate hin. Als „roter Bereich“ gilt ein TS-Gehalt von über 2.000 mg/l. Bei Messwerten oberhalb dieses Grenzwertes für eine Dauer von 5 Tagen und mehr, wird ebenfalls Alarm ausgelöst. Diese Alarmmeldung empfiehlt eine Leerung der Vorklärung innerhalb von 4 Wochen.

4 Ablaufkontrollsonde

4.1 Konventionelle Bestimmung der Ablaufqualität

Das Wasser aus dem Ablauf der Nachklärung von Kleinkläranlagen darf einen CSB von 150 mg/l und einen BSB₅ von 40 mg/l nicht überschreiten. Diese Anforderungen gelten laut Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV, 2004). Die Zulassungsgrundsätze des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt, 2005) sehen für Kleinkläranlagen der Klasse C (Kohlenstoffabbau) ebenfalls die vorgenannten Mindestanforderungen bezüglich des CSB und BSB₅ vor.

In der Praxis wird der CSB meistens indirekt mit Hilfe Küvettentests bestimmt (DIN ISO 15705, 2003). Dabei wird die Abwasserprobe bei 148 °C chemisch aufgeschlossen und ihr CSB spektralphotometrisch bestimmt. Nach diesem Messprinzip funktionieren ebenfalls die derzeit auf dem Markt erhältlichen CSB-Online-Messgeräte. Auch hier werden kleine Abwassermengen thermisch und/oder chemisch oxidiert, z. B. mit Xenon-Blitzlampen, die im hochenergetischen UV-Bereich arbeiten, oder durch die Induktion starker elektrischer Ströme. Aufgrund der hohen Investitionskosten ist der Einsatz dieser Messgeräte zur Überwachung der Ablaufqualität von Kleinkläranlagen allerdings unwirtschaftlich.

4.2 Prototyp der Ablaufkontrollsonde

Für einige Abwasserarten besteht ein Zusammenhang bzw. eine gewisse Korrelation zwischen Trübung und CSB (Obenaus, 2001). Daher sollte zur Messung der Ablaufqualität der CSB über eine automatisierte Trübungsmessung angenähert werden. Untersuchungen von rund 1.000 verschiedenen Abwasserproben aus etwa 300 Kleinkläranlagen, die zu unterschiedlichen Jahreszeiten beprobt wurden, zeigten jedoch, dass der CSB nicht in dem erforderlichen Maße mit der Trübung korreliert. Die Messgenauigkeit bewegte sich, abhängig von der gewählten Methode, zwischen 50 und 70 %. Daher war häufig eine komplette Umorientierung bezüglich der Messtechnik notwendig.

Vielversprechend erschien eine Messmethode, die noch weitere Untersuchungen erfordern würde. Dabei wurden mit dem entwickelten Messsystem unterschiedliche Abwasserparameter, wie Färbung, Trübung und Lichtstreuung ermittelt. Mit Hilfe einer neu programmierten Software wurden die erfassten Daten aufbereitet und miteinander verknüpft. Das Ergebnis ist ein dimensionsloser Messwert, der in weiten Bereichen mit dem CSB korreliert. Diese Versuchsreihe der neuesten Entwicklungsstufe einer Ablaufkontrollsonde, in denen Abwasserproben aus 86 Kleinkläranlagen untersucht wurden, weist eine Korrelation (R^2) von über 82 % zum CSB auf (Bild 13). Wird der Datenpunkt der Probe im Bereich CSB = 200 mg/l und Messwert = 52 als Ausreißer gewertet, erhöht sich die Korrelation auf über 85 %. Eine noch höhere Genauigkeit stellt sich ein, wenn anstelle der Korrelation nur die Über- oder Unterschreitung eines Grenzwertes elektronisch erfasst wird. Im nachfolgenden Diagramm (Bild 13) beträgt der einem CSB von 150 mg/l (gepunktete Linie) zugehörige maßgebende Messwert der Ablaufsonde etwa 14

(gestrichelte Linie). Wenn dieser Wert unterschritten wird, deutet dies auf einen CSB im Ablauf von über 150 mg/l hin. Bei dieser Betrachtungsweise werden drei Proben nicht richtig erkannt (Datenpunkte in den Bereichen unten links und oben rechts). Dies entspricht einer Messgenauigkeit von 96,5 %.

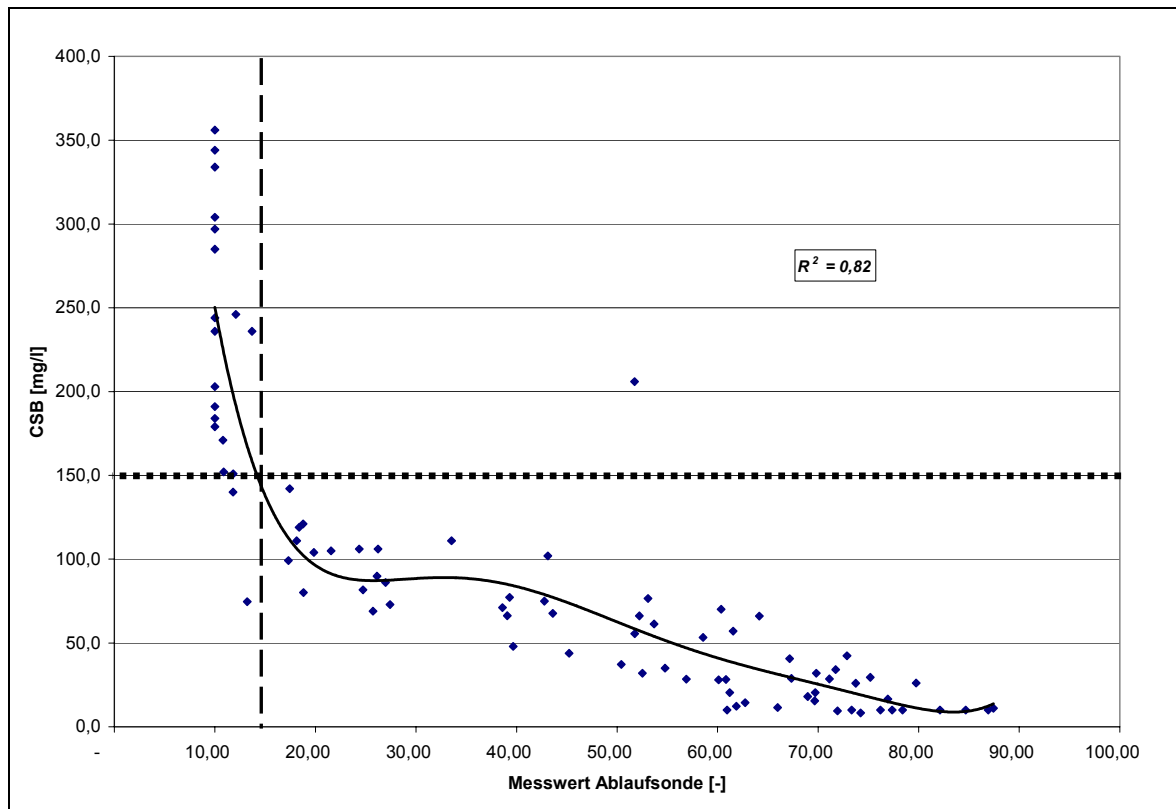


Bild 13: Korrelation der von der Ablaufkontrollsonde gemessenen optischen Eigenschaften zum CSB

Es besteht noch weiteres Optimierungspotenzial bei diesem Messprinzip der Ablaufsonde. Durch die Variation der Verknüpfungen von optischen Abwassereigenschaften sowie soft- und hardwareseitige Anpassung der verwendeten Sensoren, ist noch eine weitere Verbesserung der Messgenauigkeit zu erwarten. Zudem ist bei diesem System, wie bei der Schlammspiegelsonde, eine elektronische Steuerung unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs geplant. Dabei werden drei verschiedene Phasen entsprechend einer Ampel definiert: Ein CSB von unter 120 mg/l wird als grüner Bereich angesehen, in dem kein Handlungsbedarf besteht und das erforderliche Reinigungsvermögen der Kleinkläranlage vorhanden ist. Die Gelbphase weist auf einen CSB zwischen 120 und 150 mg/l hin. Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, dass Ablaufwerte in diesem Bereich - auch unterhalb des Grenzwerts von 150 mg/l - bereits häufig auf eine Störung oder suboptimale Reinigungsleistung in einem Anlagenteil hinweisen. Bewegt sich die Ablaufqualität der Kleinkläranlage über einen Zeitraum von 30 Tagen im gelben Bereich, wird eine Warnmeldung ausgegeben. In diesem Fall sollte die Anlage überprüft werden. Beträgt der CSB des Kläranlagenablaufs mehr als 150 mg/l, befindet sich die Kleinkläranlage im roten Bereich und Betreiber und/oder Wartungsunternehmen werden alarmiert. Diese

vorgegebenen Zeitintervalle können über die Auswertesoftware individuell eingestellt werden.

Ein weiterer Vorteil der Ablaufkontrollsonde ist die integrierte Überprüfung der Ablaufqualität bezüglich der abfiltrierbaren Stoffe laut Zulassungsgrundsätzen des DIBt (2005). Diese fordern im Ablauf von Kleinkläranlagen einen Maximalwert von 75 mg/l für diesen Parameter. Die Einhaltung dieses Grenzwertes wird ebenfalls von der Ablaufkontrollsonde überwacht und eine Überschreitung gemeldet. So ist z. B. auch ein Schlammabtrieb aus der Nachklärung trotz eines geringen CSB-Werts zu erkennen. Darüber hinaus ist die bisherige Laborbestimmung der abfiltrierbaren Stoffe nach DIN 38409-2 (1987) mit weiteren Anforderungen an Laborausüstung und Personal verbunden.

Vergleicht man diese kontinuierliche Überwachungselektronik mit der bisherigen Wartungspraxis, die Stichprobennahmen in Intervallen von 6 bis 12 Monaten beinhaltet, ist eine deutliche Steigerung von Anlagenkontrolle und Betriebssicherheit zu erkennen. Die Entnahme von Ablaufproben zur CSB-Bestimmung mit Küvetten ist mit diesem System zwar nicht zu ersetzen, sie kann aber möglicherweise reduziert und der Zeitpunkt der Stichprobennahme optimiert werden. Des Weiteren hat sich in der Praxis gezeigt, dass es im Rahmen von Ablaufbeprobungen durch Wartungsfachleute oft zu Messwertverfälschungen kommt. Fehlerquellen gibt es viele: Falsche Probennahme (vor allem bei SBR-Anlagen mit integrierter Probenahmeflasche), falsches Pipettieren, unter Umständen lange Transportwege der Ablaufprobe ohne Kühlung etc.

Eine Anbindung des Systems zur Überwachung des Ablaufs an ein Datenfernübertragungssystem kann wie beim Schlammspiegelmesssystem erfolgen. Das Entwicklungsziel ist eine „elektronische Wartungseinheit“, die aus den drei Modulen Schlammspiegelüberwachung, Ablaufkontrolle und Datenfernübertragung besteht.

4.3 Gehäusebau

Das Messsystem zur Kontrolle der Ablaufqualität wird oberhalb des Wasserspiegels der Nachklärung eingebaut, da dort keine Druckwasserdichtheit erforderlich ist. Zudem wird so die Neigung zur Verschmutzung deutlich verringert und die Möglichkeit zur Nachrüstung verbessert. Aus diesen Gründen ist ein Gehäuse nach dem Heberprinzip entwickelt worden, das dafür sorgt, dass ab einem bestimmten Füllstand der Ablaufprobe innerhalb des Systems der Messbehälter automatisch entleert wird.

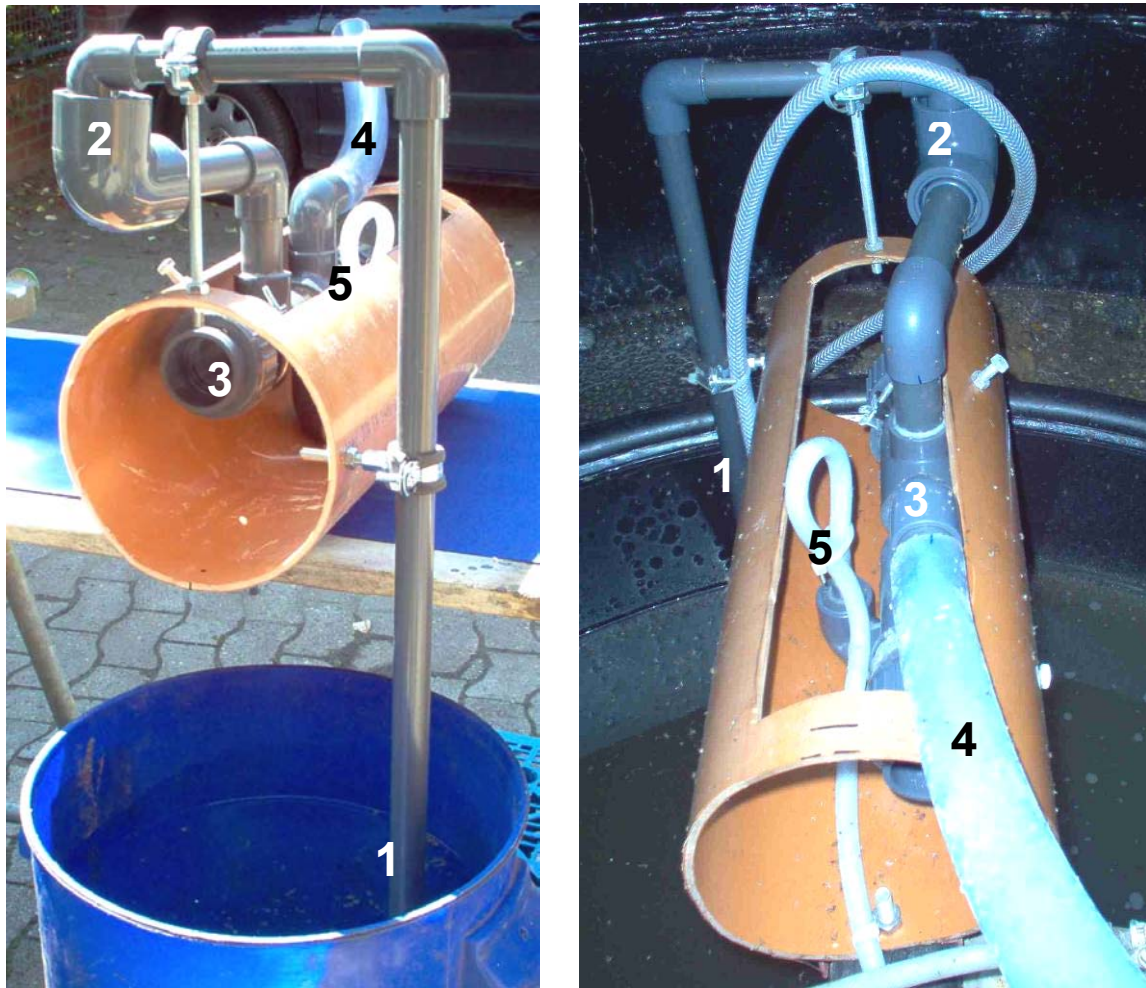


Bild 14: Prototyp der Heberkonstruktion für das Ablaufkontrollsystem

Im linken Teil von Bild 14 ist die komplette Gehäusekonstruktion nach Fertigstellung, im rechten Teil das Gehäuse im eingebauten Zustand zu erkennen. Das Abwasser wird 30 cm unterhalb des Wasserspiegels der Nachklärung über ein 50 cm langes Rohr mit seitlichem Luftanschluss (1) nach dem Prinzip eines Luftdruckhebers gefördert. In einem Zulauftrichter (2) wird das Wasser gesammelt und beruhigt, bevor es in das 30 cm lange Messgefäß mit den Sichtscheiben (3) fließt. Die Zulaufdauer ist so ausgelegt, dass der Überlauf (4) einige Sekunden anspringt, um die Vollfüllung des Proberohrs zu gewährleisten. Anschließend findet die Messung der Ablaufqualität über einen Schwimmerschalter statt. Da der Wasserstand beim Anspringen des Überlaufs über dem Scheitel des Hebers (5, mit Hebersumpf) liegt, entleert sich das Messgefäß selbständig.

Nach erfolgreichen Labortests dieses Verfahrens, ist die Konstruktion in eine Kleinkläranlage eingebaut worden (Bild 14, rechts), damit die dauerhafte Alltagstauglichkeit und die Verschmutzungsanfälligkeit überprüft werden konnte. Nach dem positiven Abschluss der Testphase, wurde der zuvor beschriebene Prototyp des Gehäuses weiterentwickelt. Bild 15 zeigt ein deutlich verkleinertes und stabileres Bauteil mit den gleichen Bestandteilen: Zulaufrohr (1), Einlauftrichter (2), Messgefäß mit Sichtscheiben (3), Überlauf (4) und Heber als Ablauf (5).

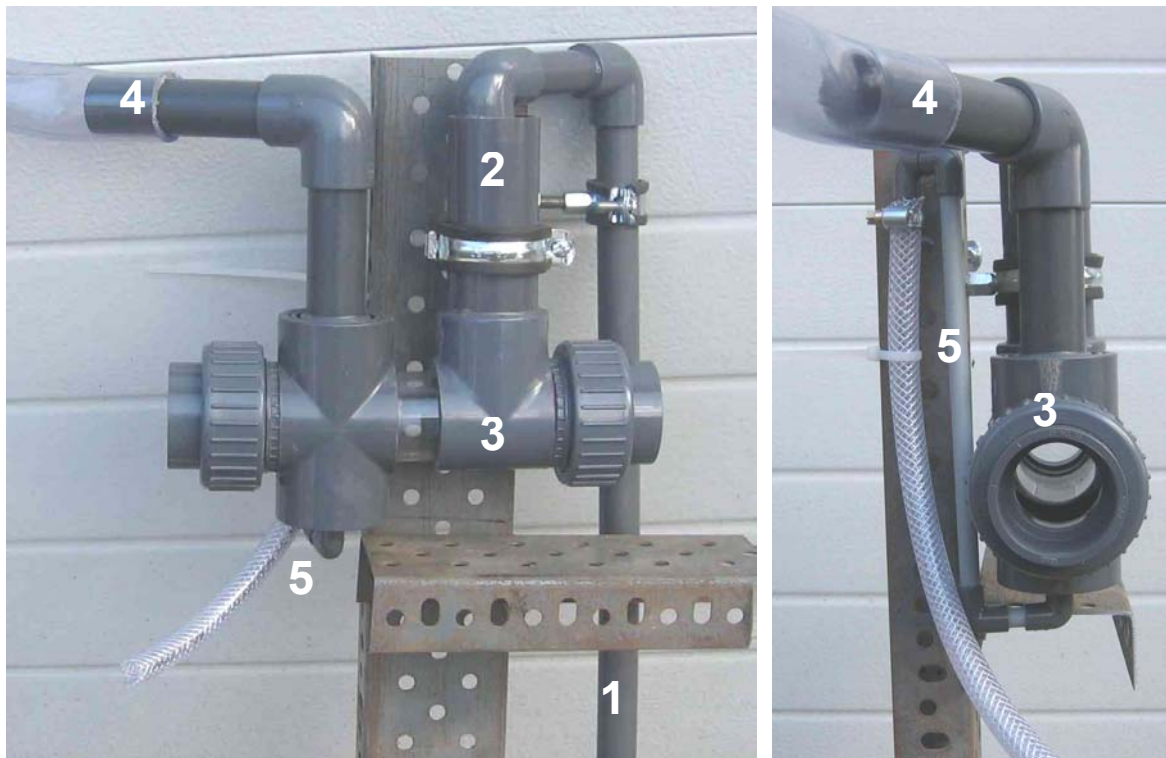


Bild 15: Verbesserte Heberkonstruktion für das Ablaufkontrollsystem

Da es im Abwasserbereich zur Bildung von Biofilmen und/oder zur Ablagerung von Feststoffen kommt, sind verschiedene Konzepte zur Reduzierung oder Vermeidung dieser Effekte untersucht worden. Verfahren wie Antifouling-Anstriche, Ultraschallreinigung, Vibration und mechanische Wischersysteme erwiesen sich als unbrauchbar, unwirtschaftlich oder extrem störanfällig. Eine Kombination aus zwei Methoden zeigte die besten Reinigungseigenschaften. Zum einen wird durch die oben beschriebene Bauteilkonstruktion ein simpler Spüleffekt genutzt, der ohne elektronische oder mechanische Komponenten auskommt und daher nicht störanfällig ist. Die zu untersuchende Abwasserprobe strömt in den Untersuchungsbehälter (3), reißt dabei Ablagerungen mit und fließt automatisch zeitverzögert über den Ablaufheber (5) wieder ab. Luftblasen im Probegefäß werden vermieden, indem die zufließende Abwassermenge so groß gewählt wird, dass der Überlauf in jedem Fall anspringt und die Luftblasen durch die Strömung über das Überlaufrohr (4) ausgetragen werden. Zum anderen erfolgte eine wasser- und schmutzabweisende Nanobeschichtung der abwasserberührten Bauteile. Auf diese Weise werden - in Verbindung mit dem Spüleffekt - Biofilme, Wasserschlieren und Anlagerungen von Feststoffen an den für die Messung wichtigen Komponenten weitgehend verhindert. In Bild 16 sind Glasscheiben ohne Beschichtung zu sehen, die über einen Zeitraum von mehr als drei Monate in einem Ablaufsondengehäuse eingebaut waren. Zwischen den Beschickungen aus dem Nachklärbecken lagen Zeitintervalle von 20 Minuten. Die Anlagerung von Feststoffen ist klar zu erkennen.

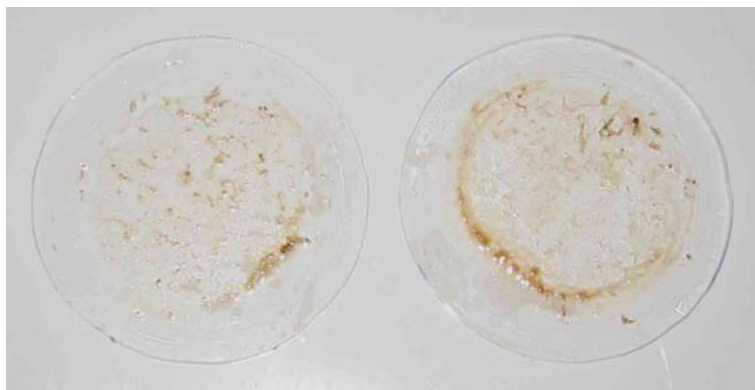


Bild 16: Glasscheiben ohne Beschichtung nach 3 Monaten im Einsatz

Bild 17 zeigt Scheiben, auf deren Oberfläche eine Nanobeschichtung aufgebracht wurde. Die optischen Eigenschaften der Gläser bleiben dabei unverändert. Nach bisher 43 Tagen im Dauereinsatz weisen diese Glasscheiben eine deutlich geringere Verschmutzungsneigung auf.



Bild 17: Glasscheiben mit Beschichtung nach 43 Tagen im Einsatz

Abschließend lässt sich feststellen, dass bei der Herstellung eines Ablaufkontrollsystems noch Entwicklungs- und Optimierungsbedarf besteht, die bisherigen Ergebnisse aber vielversprechend sind. Ein solches Bauteil kann zur kontinuierlichen Überwachung von Kleinkläranlagen von großem Nutzen sein.

5 Datenkommunikation

Alle von der Schlammspiegel- sowie der Ablaufsonde gemessenen Werte werden in einem mikroprozessorgesteuertem Rechnersystem verarbeitet und gespeichert. Die Fernübertragung vom Datenlogger der jeweiligen Kleinkläranlage zum Zentralrechner fand in der ersten Versuchsphase über GSM (Global System for Mobile communication) statt. Es ist außerdem ein Zugriff über Bluetooth, ISDN, Analoganschluss und Ethernet möglich. Ein Wartungstechniker kann vor Ort ein Notebook anschließen und so die wesentlichen Daten auslesen. Auch ein internetbasierter Zugriff ist möglich, wenn der Server der Basisstation ebenfalls über ein Modem verfügt. Ebenso kann die Alarmierung über Nachrichtendienste wie Fax oder E-Mail durchgeführt werden.

Zunächst wurde im Versuchslabor die unidirektionale Kommunikation getestet. Die Datenübertragung (Alarmmeldung), von den Messsonden in der Kleinkläranlage zu einer Basisstation bei einem Wartungsunternehmen, findet auf dem in Bild 18 skizzierten Weg statt.

Bei Überschreitung eines eingestellten Grenzwerts gibt der Schaltausgang der jeweiligen Messsonde ein Signal an ein GSM-Modem weiter (1.), das an das Verstärkermodul angeschlossen ist. Dieses Modem versendet eine SMS mit den relevanten Informationen an das GSM-Modem des Zentralrechners der Basisstation (2.). Ein auf diesem PC installiertes Programm überprüft und verarbeitet die Daten der eingegangenen SMS und verschickt eine Nachricht mit den gewünschten Informationen an eine E-Mail-Adresse (3.), z. B. an ein Abfuhrunternehmen oder eine Behörde.

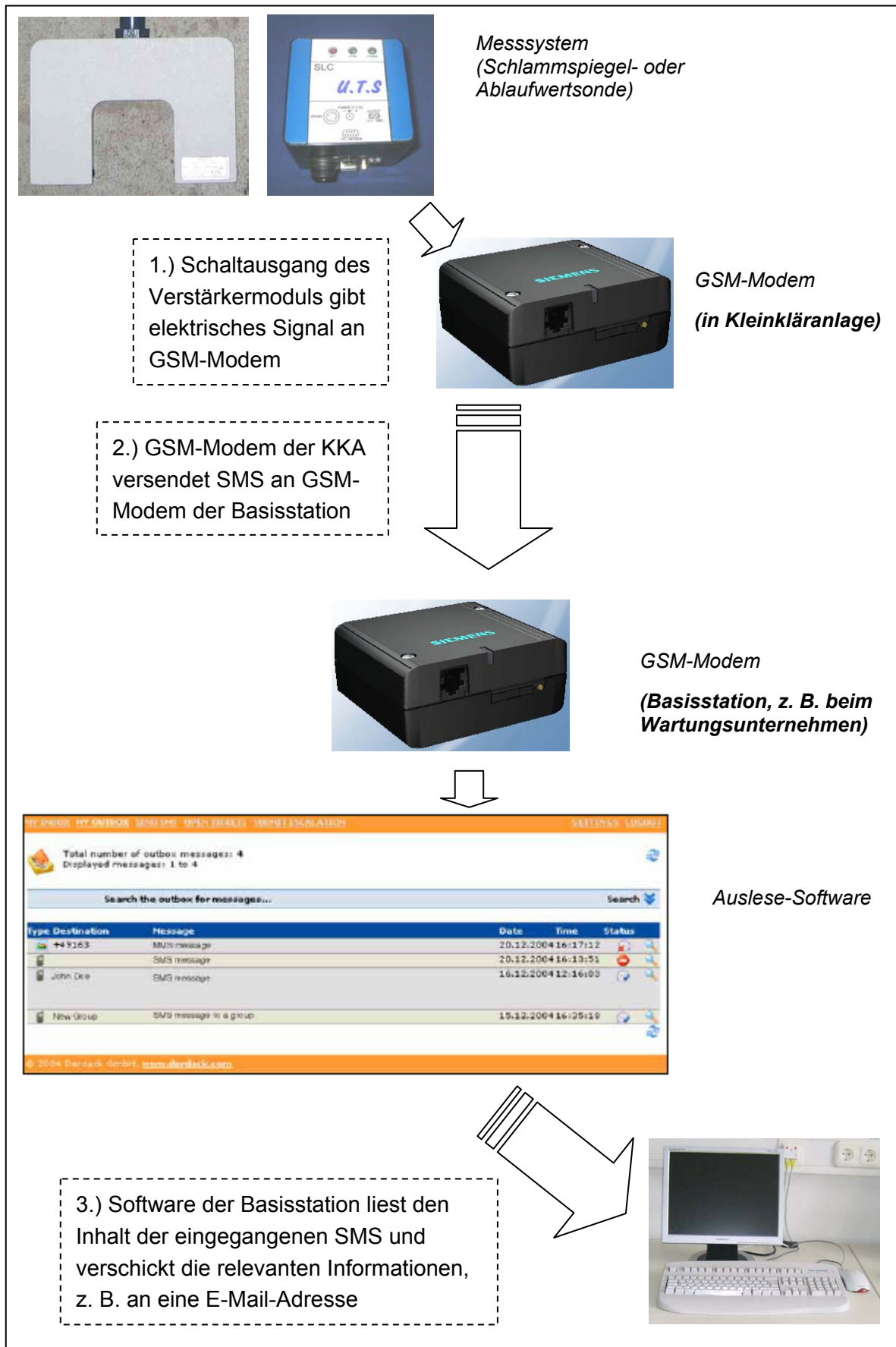


Bild 18: Fließschema der unidirektionalen Datenkommunikation

Die oben beschriebene unidirektionale Datenkommunikation wurde erfolgreich getestet. Eine Weiterentwicklung stellt die bidirektionale Datenübertragung dar. Bei diesem System können Informationen in beiden Richtungen zwischen den GSM-Modems der Kleinkläranlage und der Basisstation ausgetauscht werden (Ablaufschema siehe Bild 19). Die Kommunikationstechnik ist dabei folgendermaßen aufgebaut:

Die Messverstärker der Sonden befinden sich auf einer Platine. Dieses Mainboard wird zurzeit angefertigt und programmiert. Dort sind alle technischen Bauteile vereint (Messverstärker der Schlammspiegel- und Ablaufkontrollsonden, Datenlogger, Socket-Modem [zur Datenübertragung per GSM/GPRS, Bluetooth, Datenfunk, analog oder ISDN]). Dieses Board kann online angesteuert und ausgelesen werden, ist erweiterbar (z. B. Anschluss einer O₂-Sonde, eines pH-Meters und mehrerer Schlammspiegelsonden) und kann per Soft- und Hardware upgedatet werden.

Das in dieses Mainboard integrierte Socket-Modem (1.) sendet beispielsweise eine SMS aus der Kleinkläranlage an die Basisstation (2.). Dies kann aufgrund einer Alarmmeldung oder aufgrund einer vom Zentralrechner kommenden Datenabfrage geschehen. Der PC der Basisstation überprüft die eingehende SMS und vergleicht den Inhalt mit einer Datenbank. Wenn eine Meldung nötig sein sollte, wird z. B. eine E-Mail, ein Fax oder eine SMS durch eine Auslesesoftware an das Wartungsunternehmen, die zuständige Behörde oder ein Abfuhrunternehmen versendet (3.).

Sollen am Messsystem beispielsweise die Messintervalle oder ein eingestellter Grenzwert verändert werden, oder enthält die vom Socket-Modem der Kleinkläranlage kommende SMS Datenlücken, öffnet das GSM-Modem der Basisstation einen GPRS-Kanal zur Kleinkläranlage. Auf diese Weise kann der Zentralrechner der Basisstation mit dem Socket-Modem der Kleinkläranlage kommunizieren und z. B. die im Datenlogger gespeicherten Informationen auslesen oder Einstellungen am Messverstärker vornehmen (4.). Das zuvor beschriebene unidirektionale Datenkommunikationssystem kann auf diese Weise noch verbessert werden.

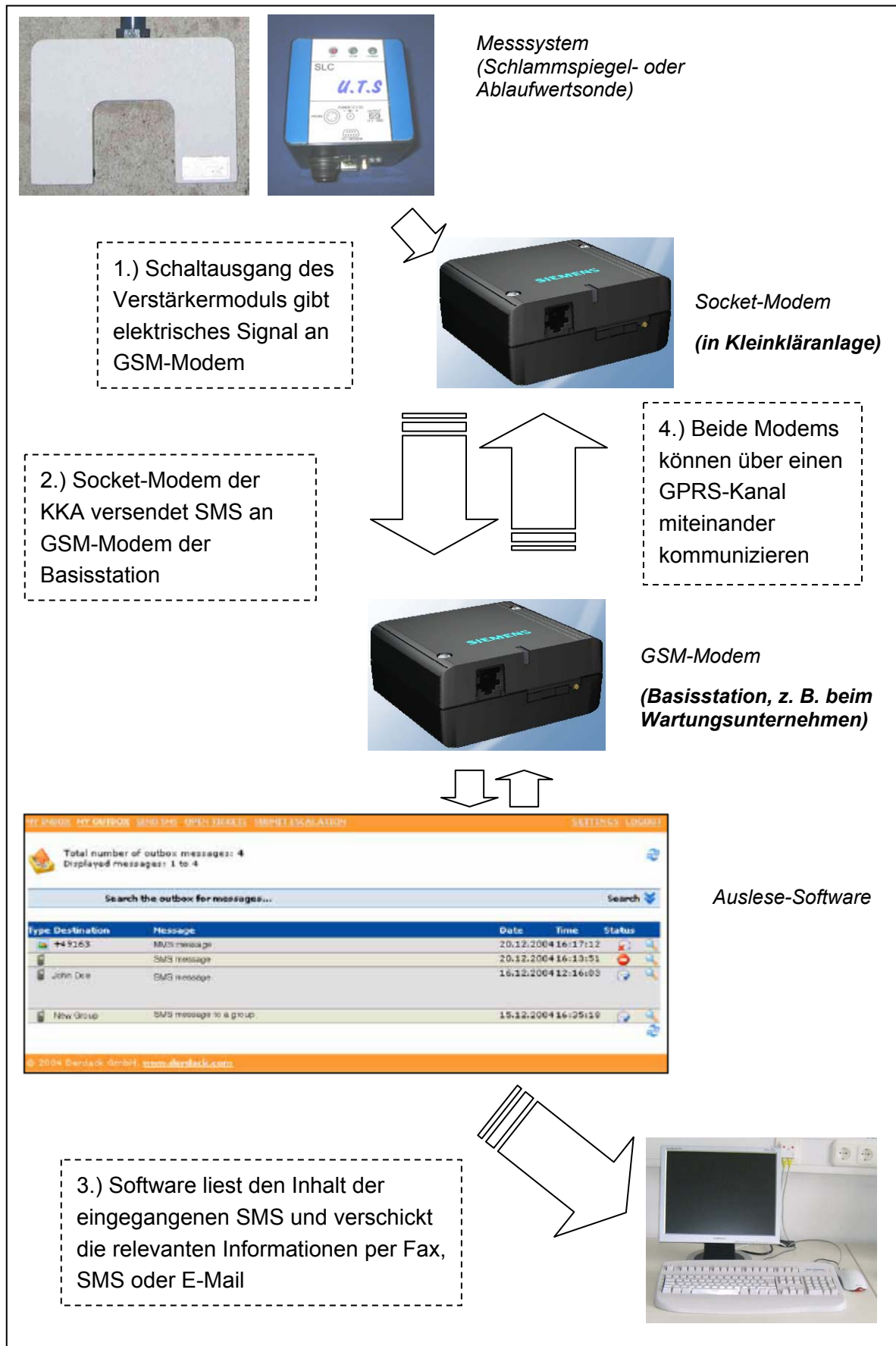


Bild 19: Fließschema der bidirektionalen Datenkommunikation

Bild 20 zeigt eine Versuchsanordnung mit der erfolgreich verschiedene Kleinkläranlagen im Kreis Steinfurt überwacht wurden. Die hier nicht abgebildete Schlammspiegelsonde wird, wie in Bild 2 auf Seite 3-13 zu sehen, an den Messverstärker angeschlossen.

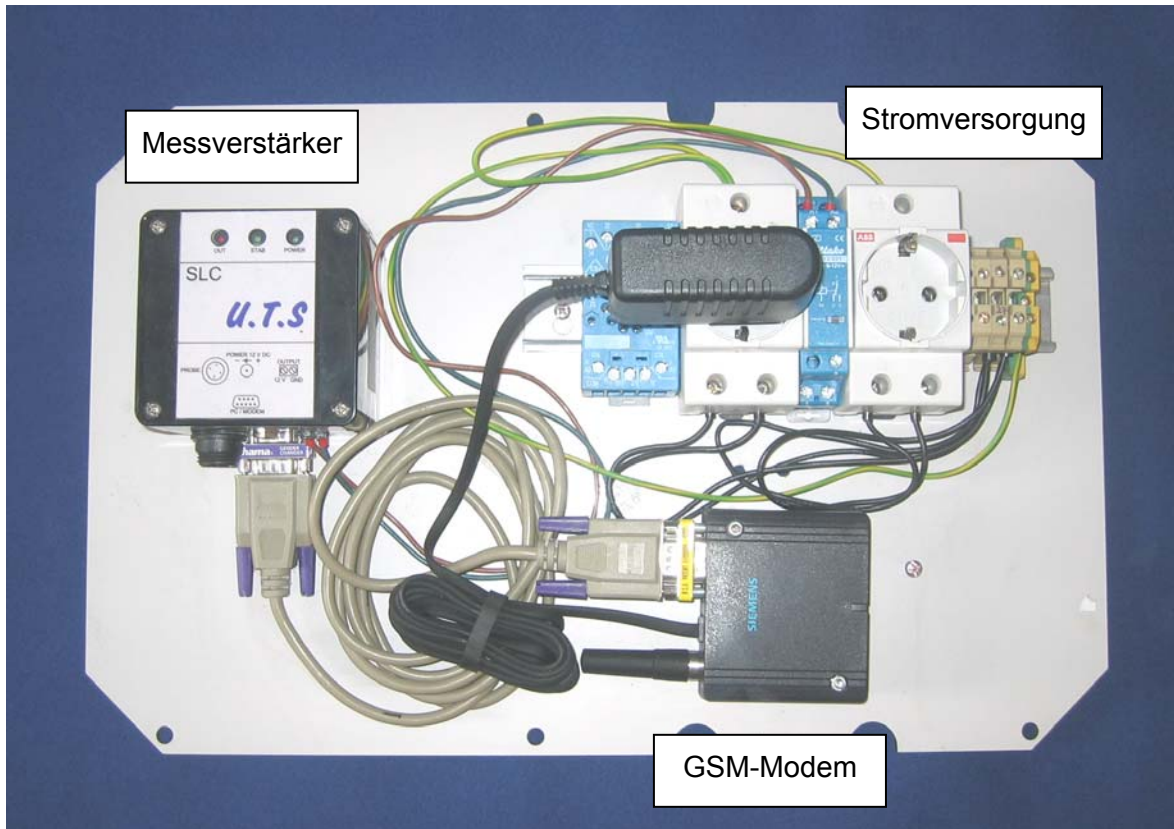


Bild 20: Versuchsanordnung Schlammspiegelmessung (ohne Sonde) mit Fernübertragung

Über die entwickelte Software „Sludgecontrol“ (basierend auf die Programmiersprache REBOL) werden die installierten Schlammspiegelmesssysteme online ausgelesen und Messparameter eingestellt (Bild 21). Dazu wird eine GSM-Verbindung zum jeweiligen Modul über eine individuelle Einwahlnummer aufgebaut. Ist die Verbindung hergestellt, sind anlagenspezifische Informationen, wie Betreiber, Standpunkt und Wartungsunternehmen der Kleinkläranlage, abrufbar. Außerdem können Parameter an der Schlammspiegelsonde verändert werden. Das Messintervall oder der Grenzwert für die Alarmierung lassen sich einstellen. Zudem können Software-Updates der Sonde erfolgen oder die letzten 20 Messwerte in Form einer CSV-Datei zur Information oder für statistische Zwecke ausgelesen werden. Diese einfache Textdatei enthält kommagetrennte Daten und kann zur weiteren Bearbeitung in z.B. Excel importiert werden.

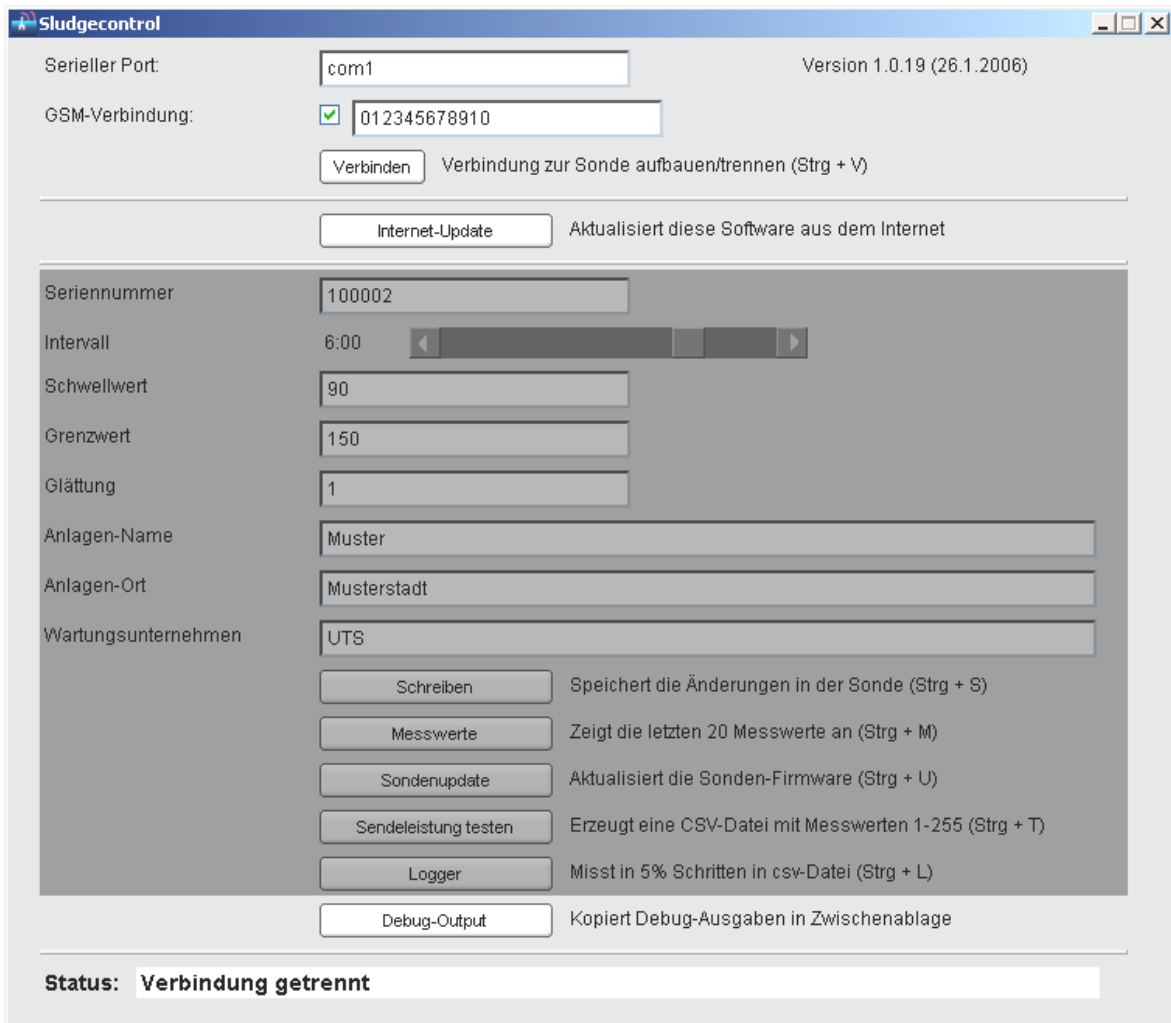


Bild 21: Überwachungssoftware Sludgecontrol

Des Weiteren wurde ein Internetportal eingerichtet, über das die eingegangenen Warnmeldungen online und ständig aktuell abgerufen werden können. Es ist möglich, dieses Portal so zu erweitern, dass verschiedene Zugriffsberechtigungen verteilt werden. Auf diese Weise kann ein Kleinkläranlagenbetreiber alle Informationen, die seine Anlage betreffen (Alarmmeldungen, Fehlfunktionen, Betriebsstunden, Ablaufqualität etc.) über das Internet abrufen, ein Wartungsunternehmen könnte online alle zu wartenden Anlagen überwachen und gegebenenfalls schnell reagieren, und eine zugriffsberechtigte Behörde könnte die Daten verschiedener Kleinkläranlagen statistisch auswerten oder in Datenbanken oder GIS-Systemen verwalten.

Bei Überschreitung der maximalen Schlammspiegelhöhe erfolgt zurzeit ebenfalls eine Meldung per SMS (Bild 22). Hier wäre als Weiterentwicklung eine Alarmierungskette möglich: Zunächst wird der Betreiber der Kleinkläranlage informiert. Falls dieser in einem angemessenen Zeitraum nicht reagiert, bekommt das Wartungsunternehmen eine Alarm-SMS, danach die Untere Wasserbehörde.



Bild 22: Schlammalarmmeldung per SMS

Diese neueste Entwicklungsstufe der Datenkommunikationstechnik wurde ab November 2005 in Verbindung mit der Schlammspiegelsonde (vgl. S. 3-22) in vier Kleinkläranlagen eingesetzt und liefert seitdem zuverlässige Messdaten, die über die Auslese- und Übertragungssoftware Sludgecontrol abrufbar sind und durch Stichproben (Schlammspiegelmessungen per Hand) bestätigt wurden. Die Alltagstauglichkeit des Systems konnte somit nachgewiesen werden.

Dieses System wird für etwa 400 € zuzüglich 150 € für die Datenkommunikation erhältlich sein. Bei steigender Stückzahl würde sich der Preis des Systems auf bis zu 30 % reduzieren. Durch die bedarfsgerechte Schlammabfuhr sind Wartungsfachfirma, Schlammausfuhrfirma, Gemeinde und Großkläranlage involviert. Das Online-Schlammmesssystem erspart jedem Beteiligten Arbeitsaufwand und Kosten in Höhe von bis zu ca. 25 %. Zudem können Kosten für Reparaturen, die aufgrund von über lange Zeit unentdeckten Fehlfunktionen entstehen, reduziert werden.

Der Einsatz dieses Messsystems ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung der Funktionsfähigkeit und eine Kontrolle des Schlammfüllstands der jeweiligen Kammer. In Verbindung mit dem Datenfernübertragungsmodul wird die Überwachung der Kleinkläranlage noch benutzerfreundlicher und weiter vereinfacht. Nach Abschluss der Entwicklungsphase der Ablaufkontrollsonde, wird diese ebenfalls an die Fernübertragungseinheit angeschlossen, so dass ein Online-Kontrollsystem zur Erfassung aller wesentlichen Kleinkläranlagenparameter zur Verfügung steht.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Fa. Umwelttechnischer Service Jörg Huntmann (U.T.S jh) hat gemeinsam mit der FH Lippe und Höxter, Labor für Siedlungswasserwirtschaft, eine „elektronischen Wartungseinheit“ für Kleinkläranlagen entwickelt. Das System beruht auf dem Gedanken, dauerhaft und kostengünstig den Schlammanfall sowie die Qualität des ablaufenden Wassers online zu messen und die ermittelten Daten digital an die zuständigen Behörden, Wartungsfirmen und Hersteller weiterzuleiten. Hierdurch können Reparaturaufwendungen minimiert und die Ablaufqualität verbessert werden.

Das Gesamtkonzept der „elektronischen Wartungseinheit“ besteht aus den drei Hauptbestandteilen Schlammspiegelmesssonde, Ablaufkontrollsonde und Datenkommunikation. Die Schlammspiegelsonde wird zur Erfassung des absetzbaren und zu entsorgenden Schlammes in der Vorklärung montiert. Ihre Einbauhöhe wird so gewählt, dass die entsorgende Firma genügend Zeit für die Organisation und Durchführung der Schlammabfuhr hat. Somit wird ein Übertreten des Schlammes in die biologische Reinigungsstufe verhindert.

Die Entwicklung der Schlammspiegelsonde wurde im Dezember 2005 abgeschlossen. Zur Fertigstellung des Messsystems wurden insgesamt über 15.500 Datenpaare aufgenommen und ausgewertet. In der letzten Versuchsreihe mit 352 Wertepaaren ergab der Vergleich der vom entwickelten Schlammmessgerät gemessenen Daten mit dem Referenzsystem von Endress + Hauser eine Korrelation von 95 %. Mehrere Schlammspiegelmesssysteme wurden in verschiedenen Kleinkläranlagen installiert, um diese Sonden unter realen Bedingungen zu testen. Bis zum Jahresende 2005 sind insgesamt 30 Systeme zur Erfassung des Schlammspiegels auf Alltagstauglichkeit überprüft worden. Damit war Ende Dezember 2005 ein Teilziel des Projekts erreicht. Weiteres Optimierungspotential besteht hier lediglich in der Weiterentwicklung des Gehäuses.

Zur Kontrolle der Wasserqualität wurde eine Ablaufkontrollsonde eingesetzt, deren Messbereich in Korrelation zum CSB und den enthaltenen abfiltrierbaren Stoffen steht, die jedoch nur eine Grenzwertüberschreitung anzeigt. Eine permanente und kostengünstige Abwasseranalyse und Funktionskontrolle kann so ermöglicht werden. Bei einer Anpassung der bauaufsichtlichen Zulassung würde es somit möglich sein, eine „bedarfsgerechte Wartung“ durchzuführen. Dadurch würde eine erhebliche Kostenreduzierung bei der Mehrzahl der stabil laufenden Systeme erfolgen.

Die durchgeführten Laborversuche zur Entwicklung der Ablaufkontrollsonde haben zum Bau von mehreren unterschiedlichen Prototypen geführt, die vielversprechende Ergebnisse lieferten. Am besten geeignet scheint die Bestimmung der Ablaufqualität über die Auswertung der optischen Eigenschaften zu sein. Um eine Korrelation der relevanten Abwasserparameter CSB und abfiltrierbare Stoffe zu einer einfachen Messgröße herzustellen, sind über 17.500 Wertepaare aufgenommen und verarbeitet worden. Die Auswertung der letzten Versuchsreihe mit 6.000 Datenpaaren ergab eine Korrelation von 82 %. Die sehr unterschiedliche Beschaffenheit des Ablaufs aus Kleinkläranlagen hat die Entwicklung des Messsystems allerdings erschwert. Die verschiedenen Parameter des

Abwassers wie CSB, abfiltrierbare Stoffe, Feststoffgehalt, Färbung oder Trübung korrelieren leider nicht in dem erwarteten Maße miteinander. Daher wurde empirisch ein Algorithmus ermittelt, der mehrere Messgrößen und mehrere Abwasserparameter kombiniert. Bisher ist die Messgenauigkeit der verwendeten Technik noch nicht groß genug für den Praxiseinsatz. Die grundsätzliche Einsatzfähigkeit wurde jedoch nachgewiesen.

Die mit den beiden Erfassungssystemen (Schlamm Spiegel und Ablauf) gewonnenen Daten werden in einem Datenfernübertragungsmodul gespeichert, ausgewertet und bei einer Grenzwertüberschreitung an einen Zentralrechner weitergeleitet. Dieser kann bei Meldung einer vollen Vorklärung die Schlammabfuhr organisieren und bei einer schlechten Abwasserqualität den Wartungsdienst benachrichtigen.

Die Datenkommunikation der Messtechnik in der Kleinkläranlage mit einer Basisstation funktioniert bisher in einer Richtung, d. h. es können Daten per GSM- bzw. GPRS-Technik vom Messsystem an die Basisstation gesendet und weiterverarbeitet werden. Dieses System wurde bis Ende des Jahres 2005 im Alltagsbetrieb auf Praxistauglichkeit überprüft. Damit ist das im Projektantrag beschriebene Ziel der Datenübertragung erreicht.

Dieses Kommunikationssystem könnte über das ursprüngliche Projektziel hinaus weiterentwickelt werden, um einen Datenaustausch in beide Richtungen zwischen Kleinkläranlage und Basisstation zu ermöglichen. Denkbar ist außerdem eine Erweiterung der Übertragungsvarianten. Neben GSM und GPRS können dazu die Technologien Bluetooth, Wireless LAN, ISDN, Analogmodem, WiMax (Funknetzstandard), HSDPA (Übertragungsverfahren für UMTS) oder der Bluetoothnachfolger Zig Bee verwendet werden. Des Weiteren können bei der Datenübertragung und -verarbeitung Benutzerfreundlichkeit der Bedienungssoftware und die Einstellungsmöglichkeiten (Alarmgebung, Alarmierungskette) weiter verbessert werden. Auf die Möglichkeit, die Messdaten über das bereits eingerichtete Internetportal für verschiedene Benutzer (Betreiber, Wartungsunternehmen, Behörden) online verfügbar zu machen, wurde im Kapitel „Datenkommunikation“ bereits hingewiesen.

Aufgrund der unvorhersehbaren Versuchsergebnisse und teilweise nicht kalkulierbar langen Entwicklungszeiten, konnten nicht alle Projektziele erreicht werden. Die Entwicklung der Module Schlamm Spiegelsonde und Datenübertragungsmodul wurde wie geplant abgeschlossen. Die grundsätzliche Gebrauchsfähigkeit der Ablaufkontrollsonde konnte bestätigt, aber ein praxistauglicher Alltags Einsatz noch nicht nachgewiesen werden. Dies bedürfte weiterer Forschungsarbeit.

Der Einsatz des fertig gestellten Schlamm Spiegelmesssystems ermöglicht in Verbindung mit dem Datenkommunikationsmodul eine kontinuierliche Überwachung der Funktionsfähigkeit der Kleinkläranlage und eine Kontrolle des Schlammfüllstands in der jeweiligen Kammer. Mit diesem System wird die Überwachung von Kleinkläranlagen benutzerfreundlicher, zuverlässiger und beansprucht einen geringeren Zeitaufwand.

Detmold, den 04.05.2007

(Prof. Dr.-Ing. Ute Austermann-Haun)

7 Literaturverzeichnis

- AbwV 2004 Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV); Fassung vom 17.06.2004 (BGBl. I S. 2625); 2004
- ATV-DVWK-A 131 2000 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. ATV-DVWK Arbeitsblatt A 131, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef, Mai 2000
- Austermann-Haun, U.; Hüpping, M. 2005 Online-Messungen in Kleinkläranlagen zur Kontrolle des Schlammspiegels und Ablaufs (MUNLV-Projekt IV-9-042 194). Zwischenbericht der FH Lippe und Höxter, Detmold, 13.12.2005
- Berger, H.-D.; Gropius, M.; Liebe, S.; Sönnichsen, H.; Watermann, B. 1997 Entwicklung ökologisch verträglicher Antifoulingbeschichtungen für Unterwasserflächen. Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt gefördert unter Az 05379 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und dem Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein, 1997
- Boller, R.; Strunkheide, J.; Witte, H. 2002 Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen – Ein Praxis-Handbuch für Betreiber, Wartungsbetriebe und Behörden. Hirthammer Verlag, München, Mai 2002
- Derdack 2005 <http://www.derdack.com>, 2005
- DIBt 2005 Zulassungsgrundsätze für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für die Anwendung von Kleinkläranlagen nach DIN EN 12566-3. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Januar 2005
- DIN 38409-41 1980 Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs im Bereich über 15 mg/l (H 41). Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Dezember 1980

DIN 4261-1	2002	Kleinkläranlagen; Anlagen zur Abwasser- vorbehandlung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2002
DIN 4261-101	1998	Kleinkläranlagen, Anlagen ohne Abwasserbelüftung; Grundsätze zur werkseigenen Produktionskontrolle und Fremdüberwachung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Februar 1998
DIN 4261-2	1984	Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung; Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Juni 1984
DIN 4261-3	1990	Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung; Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, September 1990
DIN 4261-4	1984	Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung, Betrieb und Wartung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Juni 1984
DIN 38409-2	1987	Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes (H 2). Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, März 1987
DIN EN 1899-1	1998	Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach n Tagen (BSB _n), Teil 1: Verdünnungs- und Impfverfahren nach Zugabe von Allylthioharnstoff. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Mai 1998
DIN EN 1899-2	1998	Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach n Tagen (BSB _n), Teil 2: Verfahren für unverdünnte Proben. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Mai 1998

DIN EN 12566-3	2005	Kleinkläranlagen für bis zu 50 EW - Teil 3: Vorgefertigte und/oder vor Ort montierte Anlagen zur Behandlung von häuslichem Schmutzwasser. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Oktober 2005
DIN EN 60529	2000	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code). Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, September 2000
DIN EN ISO 7887	1994	Bestimmung der Färbung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Dezember 1994
DIN EN ISO 7027	2000	Bestimmung der Trübung. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, April 2000
DIN ISO 15705	2003	Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (ST-CSB), Kuvettentest. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, Januar 2003
DWA-A 262	2006	Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers, Arbeitsblatt DWA-A 262. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, März 2006
Finke, G.	2001	Kleinkläranlagen; Hrsg.: ATV-DVWK Landesverband Nord; Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hildesheim, Mai 2001
Hosang W.; Bischof W.	1998	Abwassertechnik, 11. Auflage. B.G.Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, 1998
MUNLV	2004	Schmutzwasserbeseitigung im ländlichen Raum. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 1. Auflage, Düsseldorf, September 2004

- | | | |
|-------------|------|---|
| Obenaus, F. | 2001 | Online-Anwendung von deterministischen Prozessmodellen zur Unterstützung des Betriebes biologischer Kläranlagen. Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 111, Hannover, 2001 |
| Otto, U. | 2000 | Entwicklungen beim Einsatz von Kleinkläranlagen. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen Gewässerschutz-Wasserwirtschaft-Abwasser (GWA), Bd. 175, Aachen, 2000 |
| Siemens | 2005 | http://www.siemens.com/wm , 2005 |
| WHG | 2002 | Wasserhaushaltsgesetz - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Bonn, August 2002 |
| WLV | 2000 | Wartung und Überwachung im Einvernehmen mit der Überwachungsbehörde zur Verbesserung von dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum des Kreises Steinfurt. Westfälisch-Lippischer Landwirtschaftsverband e. V., Münster, 2000 |